

**OPTIMIZACION DEL LAVADO EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE PAPEL PARA  
ESCRITURA**

**JORGE ENRIQUE CHARRY JARA**

**CORPORACION UNIVERSITARIA AUTONOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERIAS  
SANTIAGO DE CALI,  
2001**

**OPTIMIZACION DEL LAVADO EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE  
PAPEL PARA ESCRITURA**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el  
Titulo de Ingeniero Industrial**

**Director:**

**Nelson Hernando Quiñones H.**

**CORPORACION UNIVERSITARIA AUTONOMA DE OCCIDENTE**

**FACULTAD DE INGENIERIAS**

**SANTIAGO DE CALI,**

**2001**

**Trabajo de Grado aprobado  
por el Director asignado por la  
división, en el cumplimiento  
de los requisitos exigidos  
para otorgar el Título de  
Ingeniero Industrial.**

**Elver Bermeo/Felipe Murcia**  
-----

**Director**

**Abdul Cañas V.**  
-----

**V.B. Asesor Metodológico**

**Santiago de Cali 18 de mayo de 2000**  
-----

**Ciudad y Fecha (Día, Mes, Año)**

## **AGRADECIMIENTOS**

**Agradezco a la vida por la oportunidad que día a día nos da para mejorar, al amor, la familia y los amigos por la fuerza para luchar y salir adelante. Quiero extender un especial agradecimiento a:**

**Nelson H. Quiñonez H. – Ing. Aplicación - Propal S.A.**

**Robinson Enrique M. - Ing. Aplicación - Propal S.A.**

**David Rincón Nariño - Gerente Químicos - Propal S.A.**

**Antonio Romero - Gerente Máquinas - Propal S.A.**

**Rodrigo Reinosa C. - Ingeniero Soporte - Hercules Inc.**

**Abdul Cañas Velasco – Profesor P. - C.U.A.O.**

**Dedico mis éxitos a mi madre, Hermanos(as), sobrinos(as), cuñados(as); mi familia, son ellos principio y fin, la razón de mi lucha y superación, me acompañan, me brindan apoyo para levantarme y ser grande.**

**Dedico a mis amigos y compañeros, por acogerme, comprenderme y apoyarme.**

## CONTENIDO

	Pag.
<b>0. INTRODUCCION</b>	13
<b>1. RESEÑA HISTORICA</b>	16
1.1 GENERALIDADES	10
1.2 DESCRIPCION GENERAL	17
<b>2. PRODUCCION DE PAPEL</b>	19
2.1 HISTORIA	19
2.2 PROCESO DE MANUFACTURA	21
2.2.1 Obtención de la Fibra	22
2.2.2 Fabricación de la Pulpa.	22
2.2.3 Lavado, Depuración y Limpieza de la Pulpa	23
2.2.4 Blanqueo de la Pulpa	24
2.2.5 Proceso en la Máquina de Papel	25
2.2.5.1 Preparación de la Pasta	25
2.2.5.2 Formación de la Hoja	26
2.2.5.3 Secado de la Hoja	27
2.2.5.4 Acabado Final	28
2.2.5.5 Embobinado	28
2.2.5.6 Corte en Rollos	29
<b>2.3 PRODUCTOS QUIMICOS USADOS EN LA PRODUCCION DE PAPEL</b>	29
2.3.1 Carbonato de Calcio	29
2.3.2 Aprestos	30
2.3.3 Encolante Interno	30
2.3.4 Polimeros de Retención	30
2.3.5 Colorantes	30
2.3.6 Barredores Anionicos o Cationicos	31
2.3.7 Agentes de Limpieza	31
2.3.8 Biocidas	31
2.3.9 Hipoclorito de Sodio	31
2.3.10 Blanqueador Optico	32
2.3.11 Encolantes Superficiales	32
<b>2.4 ELEMENTOS BASICOS DE UNA MAQUINA PAPELERA</b>	33
2.4.1 Tanques de Preparación (Aditivos Químicos)	33
2.4.2 Tanques de Servicio	33
2.4.3 Tanques de Mezclado	34

2.4.4	Tanque de Máquina	34
2.4.5	Caja de Nivel Constante	34
2.4.6	Válvula de Control de Peso Básico	35
2.4.7	Tanque de Aguas Blancas	35
2.4.8	Sistemas de Depurado	35
2.4.9	Caja de Entrada a la Máquina	35
2.4.10	Hydrapulper	36
2.4.11	Sistema de Recuperación de Fibra	36
2.4.12	Tanques Auxiliares de Aguas Blancas	36
2.4.13	Tanque Aguas Turbias	37
2.4.14	Tanque Aguas Claras	37
2.4.15	Mesa de Formación	37
2.4.16	Sección de Prensas	37
2.4.17	Vestiduras	38
2.4.18	Pre-Sequeria	39
2.4.19	Prensas de Encolado	39
2.4.20	Post – Sequeria	39
2.4.21	Calandria	39
2.4.22	Bobinador	40
2.4.23	Cortadora de Rollos	40
2.4.24	Máquina de Envoltura	40
2.5	CARACTERISTICAS DE CALIDAD EN EL PAPEL	41
2.5.1	Peso Básico	41
2.5.2	Calibre	41
2.5.3	Densidad Aparente	41
2.5.4	Humedad	42
2.5.5	Rigidez	42
2.5.6	Reventamiento	42
2.5.7	Rasgado	42
2.5.8	Plegado	43
2.5.9	Lisura	43
2.5.10	Prueba a la Tinta	43
2.5.11	Blancura	43
2.5.12	Porosidad	44
2.5.13	Encolado o Resistencia a la Absorción de Agua	44
2.5.14	Resistencia a la Tensión	45
2.5.15	Elongación	45
2.5.16	Opacidad	45
2.5.17	Absorción	45
2.5.18	Cenizas	45
2.5.19	Desprendimiento Superficial	46
2.5.20	Pruebas de Fotocopiado	46
2.5.21	Pruebas de Impresión	46
3.	MARCO TEORICO	47
3.1	LAVADO DE UNA MAQUINA PAPELERA	47
3.1.1	Generalidades	47
3.1.2	Tipos de Contaminantes	48

3.1.3	Importancia del Lavado de la Máquina	49
3.1.4	Procedimiento General de Lavados	50
3.1.4.1	Prioridades Antes de Parar para un Lavado	51
3.1.4.2	Parámetros del Lavado	52
3.1.4.3	Precaución	53
3.1.4.4	Procedimiento de Lavado de Todo el Sistema	53
3.1.4.5	Lavado del Circuito de Aproximación	57
3.1.4.6	Componentes de un Lavado	59
3.1.5	Tipos de Lavados	62
3.1.5.1	Lavado Ácidos	62
3.1.5.2	Lavado Cáustico	62
3.1.5.3	Lavado Cáustico Mas Surfactantes	63
3.1.5.4	Lavado Cáustico con Surfactantes y Solventes	63
3.1.5.5	Cáustico con Quelante	63
3.1.5.6	Lavado Ácido mas Surfactantes	63
3.1.5.7	Lavado Enzimático	63
3.2.	IDENTIFICACION DE DEPOSITOS, MANCHAS Y PUNTOS EN EL PAPEL	64
3.2.1	Generalidades	64
3.2.2	Procedimientos	64
3.2.3	Observación Visual	67
3.2.4	Observación Física	68
3.2.5	Test Químico	69
3.2.5.1	Sulfato de Aluminio	69
3.2.5.2	Test Confirmatorio para Aluminio	70
3.2.5.3	Colofonia (Test De Raspail)	70
3.2.5.4	Depósitos Orgánicos (Pitch)	72
3.2.5.6	Hierro	73
3.2.5.7	Test de Solubilidad para Polietileno	74
3.2.5.8	Test Opcional con Llama	75
3.2.5.9	Procedimiento Adicional	76
3.2.5.10	Test de Campo para Aluminio	76
3.2.5.11	Acetato De Polivinilo – Alcohol Polivinílico	78
3.2.5.12	Test Almidón	81
3.2.5.13	Test de Campo Bario	82
3.2.5.14	Test Calcio	84
3.2.5.15	Test Carbonatos	87
3.2.5.16	Test Contaminación Biológica (Slime)	89
3.2.5.17	Test Fosfato	91
3.2.5.18	Test Hierro	93
3.2.5.19	Test Lignina	94
3.2.5.20	Test Resina de Encolado	96
3.2.5.21	Test Resinas Wet – Strength	98
3.2.5.22	Test Titanio	100
3.2.5.23	Test Calcinación de Depósitos	1023
3.2.5.24	Test Método de Extracción de Depósitos de Papel con Cloruro de Metileno	103



<b>3.3 DETERMINACION DE LA CAUSA DEL DEPOSITO</b>	<b>105</b>
3.3.1 Las Pulpas Virgen	106
3.3.1.1 Pulpa Mecánica	106
3.3.1.2 Pulpa Al Sulfito Y Al Sulfato	106
3.3.2 Fibra Reciclada	107
3.3.2.1 Materiales Extraños	107
3.3.2.2 Aceite o grasa (trapos grasosos)	108
3.3.2.3 Manchas de color o tinta (colorantes y pigmentos).	108
3.3.2.4 Papel (Desecho o broke sin desfibrar por completo)	109
3.3.2.5 Caucho de bandas de caucho o adhesivos	109
3.3.2.6 Polietileno de bolsas, recubrimientos o papeles de envoltura	109
3.3.2.7 Trenzas de Fibra	110
3.3.2.8 Resinas sintéticas o cubiertas poliméricas del papel reciclado, son suaves elásticos y pueden ser coloreadas	110
3.3.3 Aditivos	110
3.3.3.1 Resina no dispersada o precipitada	110
3.3.3.2 Almidón Cocinado	111
3.3.3.3 Agentes de encolado no dispersos o resinas wet strenght	112
3.3.3.4 Material de carga inorgánico	112
3.3.4 PROCESOS PAPELEROS	112
3.3.4.1 Depósito Biológico (verde, azul o gris)	112
3.3.4.2 Arrastre de puntos o suciedades	113
3.3.4.3 Espuma o puntos de espuma	113
3.3.4.4 Carbón	113
3.3.4.5 Carbonilla u Ollin	114
3.3.4.6 Arena	114
3.3.4.7 Cemento, Carbonato de Calcio del Caolin o Depósitos de la Cal	115
3.3.4.8 Fibras de Algodón o Fibras de los Fieltrros	116
3.3.4.9 Manchas de Cobre y sus Aleaciones	116
3.3.4.10 Manchas de hierro	116
3.3.4.11 Astillas de Madera	117
3.3.4.12 Asbesto	117
3.3.4.13 Depósitos de Pitch	118
3.4 OPERACIÓN DEL MOLINO	135
3.5 LISTA DE CHEQUEO PARA ANALISIS DE DEPOSITOS Y DEFECTOS EN EL PAPEL	119
4. GENERALIDADES DEL ESTUDIO	122
4.1. DEFINICION DEL PROBLEMA	122
4.2. PROBLEMÁTICA	122
4.3. SITUACION ACTUAL	123
4.3.1 Ejecución del Lavado Cáustico	125

<b>4.4. OBJETIVO GENERAL</b>	<b>128</b>
<b>4.5. OBJETIVO ESPECIFICO</b>	<b>128</b>
<b>4.6. JUSTIFICACION</b>	<b>129</b>
<b>4.7. HIPOTESIS</b>	<b>131</b>
<b>4.8. ASPECTOS METODOLOGICOS</b>	<b>132</b>
4.8.1 Tipo de Estudio	132
4.8.2 Método	132
4.8.3 Fuentes y Técnicas Para Recoger La Información	132
4.8.3.1 Primarias	132
4.8.3.2 Secundarias	133
4.8.3.3 Terciarias	133
<b>5. LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACION</b>	<b>134</b>
5.1 Descripción	134
5.1.1 Tiempo Perdido por Operación	135
5.1.2 Índice de Producción Vendible	137
5.1.3 Rollos con Uno y Dos Empalmes	137
5.1.4 Conteo Microbiológico	138
<b>5.2 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION</b>	<b>139</b>
<b>5.3 ANALISIS DE LA INFORMACION</b>	<b>139</b>
<b>6. COSTOS ASOCIADOS AL LAVADO CAUSTICO</b>	<b>192</b>
<b>6.1 COSTOS CUANTIFICABLES</b>	<b>192</b>
6.1.1 Soda Cáustica	192
6.1.2 Dióxido de Carbono	193
6.1.3 Pérdidas de Fibra	193
6.1.4 Costo de Producción	194
6.1.5 Costo Mano de Obra	194
6.1.6 Transporte	194
6.1.7 Costo del Agua	195
<b>6.2 COSTOS SUBJETIVOS</b>	<b>196</b>
<b>7. OBSERVACIONES</b>	<b>197</b>
<b>8. CONCLUSIONES</b>	<b>200</b>
<b>9. RECOMENDACIÓN</b>	<b>201</b>
<b>10. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO</b>	<b>202</b>
<b>10.1 ANALISIS ECONOMICO DE LAS MEJORAS</b>	<b>202</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>240</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>206</b>

## **RESUMEN**

Esta investigación se realizó en la máquina no. 4 de Propal planta 2 entre enero de 1999 y abril del 2001.

Debido al gran impacto que tiene el lavado de la máquina sobre la productividad, es este un proceso de gran importancia, pero a pesar de ella en la compañía no se le daba la importancia del caso.

- En primera instancia se efectúa una descripción muy completa del proceso de producción del papel, las partes de la máquina, materias primas, materias primas usadas, propiedades de calidad y variables de productividad; ello con el propósito de dar las bases para el entendimiento de la investigación.
- La segunda etapa de recolección y análisis de la información se lleva a cabo durante enero de 1999 y febrero de 2001, para ello nos valimos en la información histórica en registros, bitácoras y otras es de resaltar que gracias a la experiencia y conocimiento del proceso toda la información se depura para lograr un mejor resultado.

- Finalmente se efectuó una propuesta para mejorar el proceso, en esta nos valimos en expertos extranjeros y la experiencia de otras plantas.

## **0. INTRODUCCION**

Hoy el mundo gira en torno a la productividad, en todo negocio se realizan múltiples y grandiosos esfuerzos por optimizar los procesos, reducir los costos, aumentar la participación en el mercado, innovar productos y otras tantas estrategias que lo único que buscan es el mejor posicionamiento que nos asegure la permanencia en el tiempo.

El ingeniero tiene en sus hombros la responsabilidad de ser el guía en todos los procesos anteriores, desarrollar estrategias, tácticas, técnica y procedimientos para su logro; así no es raro observar grupos interdisciplinarios en la cual prima el aporte de conocimiento en múltiples sentidos pero que convergen en la búsqueda de una meta propuesta. De igual forma la experiencia y conocimiento que podamos tener en otros procesos en un momento dado nos permiten hallar herramientas muy efectivas para la solución de problemas.

En la industria papelera los capitales en juego ascienden a cifras muy altas y por el contrario el retorno de la inversión es una de las menores en la industria; es por ello que en este sector en particular se realizan grandes esfuerzos para tener en constante funcionamiento la

maquinaria de producción, de tal manera que procesos como mantenimiento, cambios de grados, reventones se convierten en un dolor de cabeza para el administrador.

En esta investigación se analiza el “lavado” de la máquina papelera por ser un proceso del cual depende en alto grado la productividad y calidad del producto terminado, a través del proyecto nos apoyaremos en datos históricos, aporte técnico de proveedores, especialistas en el ramo, la experiencia de ingenieros y operadores de la planta y por último el aporte personal de quien desarrollo la investigación.

Esta investigación la componen 3 grandes bloques:

1. Conocimiento general del sector y el proceso en particular: aquí se realiza una breve y sencilla descripción del proceso productor de papel, con el propósito de empapar al lector y darle herramientas para la asimilación del texto, así mismo se explica en que consiste el lavado, sus variables, tipos y otras generalidades.
2. Recolección procesamiento y análisis de información: se explican cada una de las variables a analizar, su impacto, sus desviaciones, las consideraciones adicionales a tener en cuenta, por último se efectúa el análisis e interpretación de los resultados.

3. Recomendación: una vez comprendido el proceso, analizada la información, determinaremos que programa de lavado es apto para la máquina, su procedimiento y variables críticas en el proceso, tanto para su desarrollo como también para determinar su frecuencia de ejecución.

Una vez concluida la investigación del proceso debe continuar en observación para consolidar los resultados y ajustar las posibles desviaciones al mismo.

## **1. RESEÑA HISTORICA**

### **1.1 GENERALIDADES**

La Productora de papeles PROPAL S.A. Es una empresa colombiana dedicada principalmente a la producción de pulpa y papel, utilizando como materia prima principal la fibra de la caña de azúcar.

Consta de dos plantas de producción; la planta 1, localizada en la ciudad de Yumbo a 10 Km. Al norte de Cali, y la planta 2 situada en Caloto (Cauca) a 25 millas del municipio de Puerto Tejada.

En la actualidad produce 190 calidades de papel, exporta a norte, centro y sudamérica y vende pulpa de bagazo al Japón. Es un equipo de aproximadamente 1500 personas que además de generar trabajos a 10000 personas más, mueve un mercado de bagazo, cal, cloro, soda cáustica, carbonatos y otra materias primas de producción nacional.

Es la primera empresa regional en la producción de papeles finos de escritura, impresión, fotocopiado, cartulinas y estucados.



## **1.2 DESCRIPCION GENERAL**

PROPAL S.A. Fue fundada en 1957 por W. R. GRACE Y Co. (EE. UU) bajo la razón social de Pulpa y Papeles Colombianos; PULPACOL.

El 11 de octubre de 1958, la razón social cambio a Pulpas y Papeles GRACE Colombianos S. A. PAGRACO.

Después de vincularse a la empresa Internacional Paper Company, el 4 de agosto de 1961 tomo su actual nombre: PRODUCTORA DE PAPELES S.A. PROPAL e inicio actividades produciendo 36000 Tons. de papel al año.

En 1973 producía 90000 ton/año, cuando comenzó a operar la planta de recuperación de productos químicos, la cual usando un precipitador electrostático, recupera los químicos del proceso, especialmente la soda cáustica y evita así la contaminación del río Cauca.

En 1976 la Empresa inicia en Colombia la producción de papeles esmaltados, con la instalación de una de las más modernas plantas de estucado con capacidad para 20000 toneladas.

En 1981 se puso en marcha una planta para mejorar la calidad de la fibra de bagazo una vez cocinada.

Esta planta tiene una capacidad anual de 400000 tons/año, al mismo tiempo se amplía la planta de tratamiento de aguas residuales y se instala un turbo generador con una capacidad de 10000 Mw/h, para generar el 60% del total de la energía usada.

En 1983 se instala el nuevo equipo para la producción de cartulinas grofadas (Embosadora). Además se modernizo el control de despacho de rollos mediante un sistema de computación.

En 1989 se adquiere la planta #2 (PAPELCOL), ubicado en Caloto Cauca, la producción aumento a 190.000. tons/año.

En 2001 se lleva a cabo la reestructuración técnica de la compañía, con una inversión superior a los 90 millones de dólares, que garantiza a la compañía, contar con tecnología de punta para aumentar su calidad y producción .

## **2. PRODUCCION DE PAPEL**

### **2.1 HISTORIA**

La palabra PAPEL es un nombre genérico que abarca un amplio grupo de productos y usos finales. Su producción tiene una amplia historia de desarrollo y los procesos de manufactura son en la actualidad tan complejos como diversos.

La evolución de los materiales de escritura se inicio con la arena, las piedras, los huesos, los metales, la corteza, las hojas y la madera. Estos fueron seguidos por linos y otros tejidos. Los inconvenientes con estos materiales fueron el incentivos para la generación de alternativas que dieron lugar a la introducción del Papiro en Egipto en el 3500 A. C. Aunque nos dio la palabra Papel y que de hecho posee mucha de sus propiedades básicas, no es aún papel en el sentido estrictamente técnico.

Por la época en que declinaba el uso del papiro, el conocimiento en la china de la seda y la manufactura de tapetes condujo al descubrimiento de la producción del papel hace cerca de 2000 años.

Cerca del año 105 de la era cristiana, T'SAI LUN, un consejero privado en la corte de china del emperador HO TI, concibió la idea de preparar una mezcla de retazos de seda, corteza, cáñamo y espinas de pescado en agua hirviente, la que luego macero hasta conformar una pulpa. El papel se formo agitando esta pulpa en agua e introduciendo un tamiz verticalmente, el que luego se retiro horizontalmente con leves sacudidas, permitiendo el drenado del agua. Y dejando una capa húmeda de pulpa formada por fibras entrelazadas. La estera de fibra se dejo secar al sol y se presiono entre dos piedras conformando así la hoja de papel. Este proceso estableció los principios fundamentales de la manufactura de papel, el cual, no obstante los enormes avances técnicos, continúa siendo empleado a la fecha.

El papel finalmente se abrió camino hacia otras regiones, tomando más de 800 años en llegar al mundo ARABE, inicialmente a ESPAÑA y MARRUECOS a finales del siglo IX.

Gradualmente se esparció al resto de EUROPA, iniciando en Francia donde se usó una gran diversidad de materias primas. En el siglo XV se imprimió la Biblia de GUTENBERG en papel a base de cáñamo, el que aún subsiste con excelentes condiciones.

A inicios de 1800 el mundo occidental hacía papel a partir de retazos y telas, es por este tiempo cuando es inventada la primera máquina continua de producción de papel por los hermanos FOURDINIER. Ya a finales del siglo se inicia la búsqueda de material vegetal como sustituto de los retazos. El uso de nuevas tecnologías de tratamiento químico, junto con la aplicación de la madera fueron la plataforma para la continua expansión del papel y la industria gráfica a nivel mundial.

## **2.2 PROCESO DE MANUFACTURA**

El objetivo fundamental del proceso de elaboración de papel es el deshacer una estructura vegetal fibrosa (pino, abeto, bambú, álamo, eucalipto, etc.) transformarla primero es una masa fibrosa denominada pulpa o pasta y luego en una nueva estructura ajustada a los requerimientos de desempeño y necesidades de reciclabilidad, que es la que se conoce propiamente como “papel”.

Realmente el proceso de manufactura de papel esta conformado por varias etapas, ligadas entre si para la obtención del papel en un tamaño apto para el uso de cada mercado. Los diversos procesos empleados en la manufactura de papel son:

### **2.2.1 Obtención de la Fibra.**

La principal materia prima para la producción de papel es la fibra de celulosa, siendo la madera su principal suministro, aunque en los países donde los recursos maderables no son abundantes, se emplea como importante recurso renovable las fibras no maderables como bambú, paja, bagazo, kenaf, sisal, lino, etc.

### **2.2.2 Fabricación de la Pulpa.**

La mayoría de las plantas productoras de pulpa de origen maderables reciben su principal materia prima en forma de troncos, o molida de residuo de aserraderos. Los troncos deben ser descortezados y para casi todos los tipos de procesos reducidos mecánicamente a pequeños trozos limpios. La fibra pura, de color café se obtiene a través del proceso denominado pulpeo, que se efectúa por tratamiento mecánico, químico, semiquímico o por combinaciones de los anteriores.

Actualmente el 45% de la pulpa usada a nivel mundial se obtiene por tratamiento químico o semiquímico mientras que por el método mecánico se produce el 15%, reciclado es el 26% y el destintado el 8%.

El tratamiento para la obtención de la pulpa química se efectúa por medio del cocimiento de los trozos de la madera en una solución química (licor de cocción), bajo condiciones de presión y temperatura controladas, de esta forma se disuelve la lignina (adhesivo natural de las fibras vegetales), liberándose las fibras de celulosa, las que se denominan en esta etapa como pulpa café. Los tipos de pulpeo químico más frecuente son el sulfito y el kraft.

El pulpeo sulfito emplea como licor de cocción ácido sulfuroso y compuestos de bisulfito, mientras que el kraft usa mezcla de soda cáustica con sulfuro de sodio.

El pulpeo mecánico emplea maquinaria en lugar de químicos para reducir la madera a pulpa, el pulpeo con molino de piedra (SGW) y el pulpeo termomecánico (TMP) son los métodos predominantes.

### **2.2.3 Lavado, Depuración y Limpieza de la Pulpa.**

Después de la cocción la fibra café es seleccionada a través de una serie de etapas de lavado, depuración y limpieza, como paso previo a la fase de blanqueo.

En la etapa de lavado se separan los químicos finales de la cocción por medio de una serie de tamices rotatorios con vacío, los que por un lado recuperan el máximo del licor negro (residual) y por el otro entregan una pulpa café menos contaminada a la fase de blanqueo.

La depuración y limpieza de la pulpa tiene como objetivo:

- Separar las fibras de mayor tamaño y los nudos fibrosos no disgregados en la digestión por medio de tamices rotatorios.
- Retirar los contaminantes pesados como arena y otras partículas densas a través de separadores centrífugos.

#### **2.2.4 Blanqueo de la Pulpa.**

Muchas pulpas son blanqueadas para mejorar la “apariencia” del papel como producto final, principalmente aquellas que se van a usar en papeles para impresión y escritura.

El blanqueo generalmente se realiza en una serie de etapas de las cuales las primeras se considera como una continuación del proceso de



deslignificación del cocimiento, mientras que las ultimas usan agentes oxidantes para la búsqueda y destrucción del color residual.

El blanqueo tradicional de la pulpa, se efectúa con la ayuda de productos químicos como cloro, hidróxido de sodio, sulfito de sodio o peróxido de hidrogeno, ozono y enzimas (más modernos y menos contaminante). Las etapas de blanqueo son:

- Clorinación.
- Extracción alcalina.
- Adición de dióxido de cloro.
- Extracción alcalina.
- Adición de dióxido de cloro.

Algunas plantas adicionan a estas, una etapa con hipoclorito de sodio o con peróxido de hidrógeno.

## **2.2.5 Proceso en la Máquina de Papel.**

**2.2.5.1 Preparación de la Pasta.** Esta podría considerarse como el inicio de la preparación del papel. Una vez se han obtenido las materias primas, estas son premezcladas en las concentraciones requeridas y dispuestas en los tanques de servicio para su inclusión al proceso.

Al tanque de mezclado de aproximadamente 10 m<sup>3</sup> llegan las tuberías de las distintas pulpas, rellenos y colorante. En flujos y concentraciones calculadas de acuerdo al papel a producir, allí mediante un agitador de doble paleta y en un proceso continuo se mezclan hasta obtener una suspensión homogénea que por rebose o gravedad es enviada al tanque de servicio (capacidad 100 m<sup>3</sup>), de aquí la solución es bombeada a través de una tubería de 12'' de diámetro, pasa a la válvula de control de peso básico, esta a través de controles automáticos y de acuerdo al papel a producir, ajusta los flujos y proporciona la dilución a realizar ajustando el flujo de agua que entra en línea a la suspensión y con la que se reduce a aproximadamente 0.4% consistencia. La solución es impulsada por la bomba primaria de la máquina que la envía al área de depuración, allí a través de ciclones o cleaners son removidas las partículas más pesadas como arena, trazas de metal y otras; posterior a ello y antes de llegar a la mesa de formación, en el orden estipulado entran en línea los otros químicos (encolantes internos, aprestos, barredores catiónicos y resinas de retención).

**2.2.5.2 Formación de la Hoja (Mesa de Formación):** La solución (0.4% consistencia) llega a la cabeza de formación, allí a través de múltiples capilares es depositado sobre la malla móvil que corre a una velocidad ajustada de acuerdo al gramaje de máquina; ya sobre la

mallas las fibras se acomodan formando una red de material fibrosa y químicos (papel), el agua de la suspensión es extraída en primera instancia por la fuerza de la gravedad, luego por vacíos y finalmente por prensado mecánico a través de fieltros y prensas, dando origen así a la hoja de papel.

En este momento la consistencia se halla en 40%, es decir se ha removido aproximadamente 60% del agua; estas etapas son básicas en la producción del papel, pues de esta dependen propiedades como la formación que es esencial para obtener un papel de excelente calidad. Así mismo, desde el punto de vista de costos, es vital eliminar la mayor cantidad de agua para efectuar un secado más rápido de la hoja, con menor consumo de vapor.

**2.2.5.3 Secado de la Hoja.** Al salir la hoja de la sección de prensas, es guiada a las lonas de secado en donde a través de cilindros calentados internamente con vapor, se evapora lentamente el agua que acompaña a la hoja; los secadores son ubicados de acuerdo a un gradiente positivo de temperatura a fin de evitar choques térmicos que deterioran o afectan la hoja.

El secado se divide en dos áreas:

- **Presequería:** En esta se elimina cerca del 95% del agua de la hoja y está ubicada antes de la prensa de encolado superficial.
- **Postsequería:** Está después de la prensa de encolado y su función es fijar los aprestos y secar lentamente la hoja.
- **Prensa Encolada:** En esta realiza la aplicación de apresto superficial y blanqueador óptico, consta de dos cilindros que en su nick dan origen a una piscina a través de la cual pasa la hoja y se humecta con la solución.

**2.2.5.4 Acabado Final.** Este se efectúa por medio de lo que se denomina calandreado en máquina; aquí la hoja se pasa por entre una serie de rodillos metálicos lisos con el fin de reducir su grosor, (calibre) hasta el nivel deseado e impartirle las propiedades finales de lisura.

**2.2.5.5 Embobinado.** Una vez finalizada la producción del papel, este se debe enrollar en bobinas para su posterior corte.

La operación consiste en llevar la hoja de papel sobre un centro de acero que gira a igual velocidad de la máquina y que por fuerza

centrífuga enrolla el papel, generalmente las bobinas tienen un diámetro del 1,80 m., largo de 6 m. Y su peso aproximado de 15 toneladas.

**2.2.5.6 Corte en Rollos.** Como resulta imposible el manipular bobinas de 15 toneladas de peso, esta se pasa por los cortadores que la reduce en varios rollos menores de fácil manipulación. Usualmente de una bobina se generan 12 a 18 rollos de diámetro no mayores a 1.50 y peso entre 200 y 700 kg.

**Empaque:** El papel es cubierto con liner, etiquetado y enviado a bodega para su despacho al cliente.

## **2.3 PRODUCTO QUIMICOS USADOS EN LA PRODUCCION DE PAPEL**

### **2.3.1 Carbonato de Calcio**

Este producto es usado como relleno para disminuir costos, también para mejorar propiedades de blancura y opacidad en el papel; puede obtenerse por reacción químico entre el dióxido del carbono y el hidróxido de calcio, extraerse de minas o del mar (Corales).

### **2.3.2 Aprestos**

Son almidones modificados químicamente tienen básicamente dos usos, aplicado con la fibra para dar resistencia Interna o en superficie para mejorar propiedades de impresión y desprendimiento.

### **2.3.3 Encolante Interno**

Son emulsiones que confieran al papel resistencia a la penetración de líquidos, pueden ser sintéticos como el ASA (anhidro del ácido succinico), AKD (dimero de alquil cetona) o resina de Colofonia.

### **2.3.4 Polimeros de Retención**

Son estructuras de cadena larga, variados pesos moleculares y de diversa fuerza ionica, su función es formar enlaces entre las fibras y los otros químicos para estructurar la hoja sobre la mesa.

### **2.3.5 Colorantes**

Son pigmentos minerales que se utiliza para colorear o variar la tonalidad en el papel.

### **2.3.6 Barredores Anionicos o Cationicos**

Son estructuras cargadas cuya función es atraer iones en solución que interfieren en el proceso.

### **2.3.7 Agentes de Limpieza**

Son “jabones aplicados sobre los fieltros y mallas en continuo a través de ducha, su función es liberar estas áreas de contaminante que interfieran con el proceso, su aplicación se efectua a gran presión y su dosificación se debe controlar, pues un exceso de este se refleja en el papel a través de manchas.

### **2.3.8 Biocidas**

Su función es el control del crecimiento microbiológico, se aplica en las aguas las fibras o el polidisk.

### **2.3.9 Hipoclorito de Sodio**

Su función es similar a los biocidas pero su uso es limitado debido a la interferencia con otros químicos.

#### **2.3.10 Blanqueador Optico**

Son compuestos químicos que desplazan el espectro visible, aumentando la blancura en el papel, puede ser aplicado en las fibras o en superficie.

#### **2.3.11 Encolantes Superficiales**

Su uso es con el fin de conferir mejoras en la impresión del papel, se aplica en conjunto con el blanqueador óptico y el apresto superficial.

En general estos productos son los usados cotidianamente, pero dependiendo del tipo y la propiedad, que se deseen impartir al papel, se cuenta con una amplia variedad de aditivos químicos especializados.



## **2.4 ELEMENTOS BASICOS DE UNA MAQUINA PAPELERA**

### **2.4.1 Tanques de Preparación (Aditivos Químicos)**

Son reservorios fabricados en acero inoxidable en ellos se realizan los cocimientos de los aprestos, preparación de colorantes y cargas, sus dimensiones varían de acuerdo a los niveles de consumo en el proceso, el objeto de estos tanques es mantener un volumen adecuado en los tanques de servicio.

### **2.4.2 Tanques de Servicio**

A diferencia de los anteriores sus capacidades son mayores (aproximadamente 5 veces), su conexión es directa al proceso y por ello es fundamental conservar un nivel que asegura el suministro constante, su material puede ser en acero inoxidable o en cemento.

### **2.4.3 Tanques de Mezclado**

Es un tanque en acero inoxidable, provisto de agitador y con una capacidad aproximadamente de  $10 \text{ m}^3$  en el cual las pulpas de fibra

larga refinada, de bagazo son mezcladas con el Broke, la fibra recuperada cargas y colorantes, logrando el desarrollo de una masa homogénea que por rebose pasa al tanque de máquina.

#### **2.4.4. Tanque de Máquina**

Es una tina con capacidad superior a  $100 \text{ m}^3$  que suministra la suspensión fibrosa a la máquina, a través de una bomba se envía la solución a la caja nivel, pasando por los sistemas de depuración y llegando a la cabeza de formación, en este transcurso son adicionados en línea los otros productos.

#### **2.4.5 Caja de Nivel Constante**

Esta estructura en acero inoxidable, consta de una entrada y dos salidas, su función es básicamente disminuir la turbulencia, de la suspensión fibrosa manteniendo unas condiciones constantes de presión sobre la válvula de control de peso situada en la alimentación a la máquina, la otra salida de la caja de nivel recircula al tanque de máquina.

#### **2.4.6 Valvula de Control de Peso Básico**

Está encargada de ajustar el flujo en función del gramaje y la velocidad de la máquina.

#### **2.4.7 Tanque de Aguas Blancas**

A este tanque caen por gravedad los filtrados procedentes de la mesa de formación y es el suministro principal de las aguas de dilución.

#### **2.4.8 Sistemas de Depurado**

Su función es eliminar las impurezas típicas de la suspensión de papel, existen varias clases: centricleaners, Zarandas presurizada y Zarandas Vibratorids.

#### **2.4.9 Caja de Entrada a la Máquina**

Con este se da inicio a la mesa de formación, su función es liberar el caudal de pulpa, diluido, constante y homogéneo, en las 3 dimensiones

sobre la tela de la máquina de papel, para ello esta conformado por un distribuidor rectangular y tubos de alimentación.

#### **2.4.10 Hydrapulper**

Es un tanque dotado de agitación y calentamiento para la desintegración de pulpa importada (fibra en pacas).

#### **2.4.11 Sistema de Recuperación de Fibra**

Los drenados son ricos en material fibroso y no todo es enviado al tanque de aguas blancas para su uso, el restante es filtrado a través de mallas rotatorias que concentran la fibra y recuperan las aguas.

#### **2.4.12 Tanques Auxiliares de Aguas Blancas**

Los filtrados secundarios de la mesa de formación son recogidas en este tanque para su recuperación.

#### **2.4.13 Tanque Aguas Turbias**

Del sistema de recuperación de fibras el primer filtrado (aún con fibras y cargas) se envía a este tanque.

#### **2.4.14 Tanque Aguas Claras**

El filtrado más limpio del sistema de recuperación es enviado a este tanque para su reutilización.

#### **2.4.15 Mesa de Formación**

Esta constituida por la estructura de rodillos, soporte y la tela de formación, la pulpa se vierte sobre la tela que gira a una velocidad constante drenando en una primera etapa por gravedad y luego por acción de las cajas de vacío. Aquí se forma la hoja y aproximadamente se extrae el 21% de agua.

#### **2.4.16 Sección de Prensas**

Incluye el Pick – Up aspirante, tensores, duchas de acondicionadores y el conjunto size press.

- ❖ Pick – Up. Este rodillo dotado de dos compartimentos de sección contribuye a eliminar el agua en la hoja.

- ❖ Rodillo Aspirante.

- ❖ Prensa Aspirante.

- ❖ Rodillo de Granito.

La primera línea de prensado se hace entre dos fieltros, luego la hoja pasa entre dos rodillos en contacto, de esta sección la hoja sale con un 60% de humedad.

#### **2.4.17 Vestiduras**

Incluye telas, fieltros y lonas de secado.

- Las telas y lonas son compuestas por hilos cruzados que permiten pequeños espacios de drenado.
- Los fieltros utilizan fibras sintéticas.

#### **2.4.18 Pre-Sequeria**

Constituido por aproximadamente 40 cilindros huecos de metal fundidos y calentados por vapor, ubicados consecutivamente en una línea inferior y otro superior por donde es guiada la hoja, el incremento de temperatura tiene un gradiente positivo bajo, a fin de reducir los choques térmicos que causan variaciones en la calidad del producto.

#### **2.4.19 Prensas de Encolado**

Su función es aplicar en la superficie una minicapa de encolante superficial para mejorar la adhesiva de las fibras y las propiedades de impresión.

#### **2.4.20 Post – Sequeria**

Es encargada se secar la hoja después de su humectación en la prensa de encolado, constituida por aproximadamente 40 cilindros secadores.

#### **2.4.21 Calandria**

Conformado por dos rodillos macizos presionados cuya función es

alisar las dos caras del papel.

#### **2.4.22 Bobinador**

Al salir la hoja de papel esta es enrollada sobre un eje metálico que gira a la misma velocidad de la maquina y que descansa sobre un soporte móvil (brazos), que facilita el cambio de eje.

#### **2.4.23 Cortadora de Rollos**

La bobina enrollada en la máquina, por su tamaño, peso y eje debe ser reducida a rollos menores (peso, diámetro, ancho) de presentación comercial para ello ese papel es pasado por cuchillas longitudinales que lo cortan y luego es enrollado sobre ejes de cartón.

#### **2.4.24 Maquina de Envoltura**

El papel debe ser protegido por una capa de cartón para conservar sus propiedades.



## **2.5 CARACTERISTICAS DE CALIDAD EN EL PAPEL**

De acuerdo al uso final del papel se definen sus propiedades de calidad críticas.

### **2.5.1 Peso Básico**

Es definido como el peso en gramos de una hoja de un metro cuadrado.

### **2.5.2 Calibre**

Espesor del papel, expresado generalmente en 0.0001 de milímetro.

### **2.5.3 Densidad Aparente**

Es el peso dividido por el calibre en 0.001 de m.m. Expresado usualmente en grs/0.001 m.m.

#### **2.5.4 Humedad**

Es el contenido de humedad absoluta, expresado como porcentaje.

#### **2.5.5 Rigidez**

Prueba que indica la fuerza necesaria para doblar el papel.

#### **2.5.6 Reventamiento**

Mide la resistencia del papel cuando es sometido a una deformación a través de un diafragma de caucho. Es la resistencia a la tensión en todas las direcciones.

#### **2.5.7 Rasgado**

Es la fuerza promedio en gramos, requerida para romper una hoja de papel, una vez se ha iniciado el corte.

### **2.5.8 Plegado**

Habilidad relativa de un papel a resistir el esfuerzo al doblar, cuando es sometido a una tensión especificada, a plegados de 180 grados.

### **2.5.9 Lisura**

Prueba que mide el acabado superficial o tersura. Valores bajos indican alta lisura.

### **2.5.10 Prueba a la Tinta**

Expresa la característica que tiene el papel de poderse escribir sin que la tinta se disperse.

### **2.5.11 Blancura**

Indica el grado de blancura y es medido como el valor numérico de la propiedad de reflexión de la luz sobre una hoja de papel.

### **2.5.12 Porosidad**

Resistencia del papel al paso del aire. Tiempo en segundos, que tarda en pasar  $100 \text{ cm}^3$  de aire a través del papel. Valores bajos indican papel más poroso. Medida del porcentaje de espacios microscópicos que tiene el papel.

### **2.5.13 Encolado o Resistencia a la Absorción de Agua:**

Resistencia que presenta el papel al paso del agua a través del mismo. El encolado reduce la velocidad y cantidad de agua que penetra en el papel.

### **2.5.14 Resistencia a la Tensión**

Resistencia del papel a la rotura al ser sometida a una tracción uniforme longitudinal.

### **2.5.15 Elongación**

Estiramiento que sufre el papel al ser sometido a una tracción. Se mide como el grado de elasticidad expresado como porcentaje.

### **2.5.16 Opacidad**

Resistencia al paso de la luz. Es la propiedad que tiene un papel para no dejar ver por una cara lo que está escrito o impreso por la otra.

### **2.5.17 Absorción**

Empleado para determinar la absorción de agua del papel y cartón de espesores de 0.102 m.m. y más.

### **2.5.18 Cenizas**

Determina el residuo después de calcinar el papel. Indica la materia inorgánica presente en un papel.

### **2.5.19 Desprendimiento Superficial**

Resistencia al arranque de las fibras superficiales.

### **2.5.20 Pruebas de Fotocopiado**

Se toman copias de la muestra en condiciones estándares de operación y se mide el grado de curvamiento final, esta prueba es critica ya que limita la velocidad de copiado y el uso de la hoja por las dos caras.

### **2.5.21 Pruebas de Impresión**

Esta prueba es fundamental para papeles de impresión, se simula la acción de una prensa y se analiza la calidad de la imagen y los colores.

### **3. MARCO TEORICO**

#### **3.1 LAVADO DE UNA MAQUINA PAPELERA**

##### **3.1.1 Generalidades**

El diario funcionamiento de la máquina causa a esta un ensuciamiento “normal” que se refleja con la aparición de defectos en el papel tales como manchas huecos y otras deformaciones que reducen la productividad, generando el incremento en el tiempo perdido pero que también se refleja en problemas de calidad como aumento de rollos con uno o más empalmes que a su vez afecta al cliente disminuyendo su productividad.

El proceso de lavado consiste en la remoción de todos estos depósitos para restablecer la condiciones de limpieza al sistema.

En una máquina papelera se pueden encontrar contaminantes de diversa índole tales como:

### 3.1.2 Tipos de Contaminantes

- **Orgánicos:** Acumulación de fibras, sales hidrolizadas y otros compuestos producto de interacciones químicas entre carbonatos, resinas y pulpas. La forma del depósito es por sedimentación simple, generalmente se da en sitios sin ninguna turbulencia o difícil acceso (puntos muertos), su origen es por escurrimientos, su desprendimiento es por peso, ocasiona hueco y se identifica por que deja residuo en el papel.
- **Inorgánicos:** Acumulación de sales, carbonatos, trozos de hierro, magnesio, silicio y otros compuestos en pequeñas cantidades, su acción es más devastadora que los orgánicos; causan coloración o manchas en el papel.
- **Microbiológicos:** Formación de colonias en las aguas, generalmente su coloración es café o rojiza. Se observa en paredes, sitios con maderada turbulencia se adhieren al sustrato, causan huecos y manchas.
- **Mixtos:** puede ser producto de la combinación de uno, dos o los tres anteriores tipos de contaminantes, es la forma más común, inicialmente puede ser de origen microbiológico y sobre el se depositan sales y compuestos orgánicos y/o inorgánicos.



Una vez detectada la procedencia de huecos es necesario aplicar el lavado al sistema:

### **3.1.3 Importancia del Lavado de la Máquina**

Después de un periodo de funcionamiento de la máquina se comienza a observar incremento en el tiempo perdido de operación, baja en la producción, incremento en el numero de rollos con uno o dos empalmes esto puede ser consecuencia de presencia de huecos en la hoja de papel, su origen se podría atribuir a que la máquina este sucia, sin embargo en muchas ocasiones y en muchas otras máquinas se ha observado que frecuentemente esto es también influencia de la parte mecánica o eléctrica del sistema, es por ello que resulta de gran importancia la identificación y análisis del origen de los huecos causantes del problema, evitando así el lavar la máquina sin necesidad, por ello en este estudio se incluirá el procedimiento para el análisis e identificación de huecos y posibles causas de su origen.

Una vez determinado que el hueco es causado por el ensuciamiento de la máquina o por la acción indeseable de un químico en el proceso, es necesaria aplicar el lavado a la máquina pues este es el único que nos puede garantizar el eliminar el problema y poder restablecer las condiciones de operaciones deseadas.

De otro lado no ganamos nada si aplicamos el proceso de lavado y este no es eficiente, es decir que al reiniciar la producción continua el problema de huecos, para este es de gran importancia conocer el sistema y diseñar el programa de lavado propicio.

#### **3.1.4 Procedimiento General de Lavados**

El objetivo de un lavado es restaurar las condiciones originales de limpieza al sistema. Este puede incluir la solubilización de sólidos orgánicos o inorgánicos, residuos microbiológicos y finos, esto es posible solo si el proceso cuenta con las condiciones aptas para un buen lavado.

En general para un lavado, los factores más importantes son temperatura, tiempo de exposición a químico de lavado, agitación, nivel en los tanques y tipo de químico usado. Los lavados en particular son aceptables para la remoción de carbonatos, sin embargo una alta temperatura facilita igualmente la remoción de contaminantes microbiológicos.

El tipo de lavado aplicado depende de la máquina en particular, los químicos usados, la fibra y el papel producido, así mismo podemos

tener lavado de todo el circuito o solo del circuito corto todo esto depende de los problemas presentes.

**3.1.4.1 Prioridades Antes de Parar para un Lavado:** Tenga a mano el equipo de seguridad requerido de acuerdo al tipo de lavado; guantes, protección facial, mascara para gases, botas etc.

- Tenga en cuenta las recomendaciones particulares para cada lavado.
- El lavado debe ser programado con anticipación para contar con los materiales a usar, programar la reducción de los niveles en los tanques de servicio de broke, bagazo, fibras y aditivos químicos al fin de minimizar las pérdidas de estos productos, sin embargo es importante dejar en sistema mínimo un 10% de fibras, las cuales al iniciar el proceso actúan como agente de refuerzo para remover los contaminantes.
- La solución generalmente puede ser preparada en el Hidra pulper y luego de aproximadamente 10 minutos se envía al tanque principal de Broke o Bagazo (dependiendo del inicio del lavado), esto es importante en el caso de lavados alcalinos con el fin de aprovechar el incremento en la temperatura por la reacción de la soda cáustica.

- Iniciar el calentamiento de las aguas blancas (130 °F/ 54 °C) para lavados alcalinos.
- Desocupar los sistemas de servicio y preparación de aditivos químicos como aprestos, polimeros, encolantes, carbonatos, colorantes y otros aditivos.
- El lavado de lonas y fieltros se debe hacer por baches seguidos por enjuagues y la operación se repite 2 o 3 ocasiones para un mayor efecto.
- No olvide que los niveles de los tanques no pueden ser cero ya que la fibra es necesaria en lavado.

#### **3.1.4.2 Parámetros del Lavado**

- Buena distribución de la solución.
- Tiempo de exposición (2 a 4 horas).
- Temperatura (130–140°F / 54–60°C para alcalinos), (70–110 °F / 21–38 °C para ácidos).
- Concentración del agente de lavado.

#### **3.1.4.3 Precaución**

- Conserve el nivel de la solución de lavado de tal manera que la línea vapor este sumergida y no produzca salpicadura.
- Tenga en cuenta la recomendación hecha por el fabricante de HEAD BOX, mallas, fieltros y lonas.
- Controlar durante el lavado las condiciones de Ph y temperatura.
- La malla y fieltros son muy susceptibles a Ph altos es por ello que es aconsejable que el lavado se efectúe cuando estos elementos tengo un alto nivel de desgaste.
- Durante el lavado cubrir el sótano de la máquina.
- Usted puede escoger se realiza el lavado a todo el sistema o solo al circuito de aproximación a malla.

#### **3.1.4.4 Procedimiento de Lavado de Todo el Sistema**

- Prepara la solución recomendada para el sistema.

- Caliente la solución a la temperatura específica.
- Suspender el suministro de fibras y químicos a la máquina.
- Apagar todos los equipos de refinación.
- Reducir el nivel de los tanques de servicios de fibras hasta mínimo 10%.
- Bombear la suspensión de fibra del tanque de mezcla al tanque de máquina para bajar niveles en el primero.
- Levantar el rodillo Pick.
- Proteger el fieltro de 1 era prensa, para esto reducir el vacío en las cajas, atrazar la línea de agua y evitar que la solución llegue al fieltro.
- Asegurarse que la malla este en marcha.
- La máquina se debe correr lento favoreciendo la formación de un colchón de fibras sobre la malla y esto también contribuye atrazar la línea de agua.

- Reducir el vacío en las cajas para evitar que la solución produzca un mayor desgaste en la malla.
- Apagar las duchas de agua fresca de la mesa de formación, tanque de aguas claras, cajas de formación y tanques. (evitar mayor dilución del agente de lavado).
- El mantener un vacío bajo nos garantiza que las piernas barométricas sufren la acción del lavado.
- Mantener la temperatura en el Wire pite entre 54 – 60 °C para lavado alcalino.
- Bombear la solución al tanque de pulpa y mantener una agitación frecuente.
- Subir el nivel en el tanque hasta lo acostumbrado cuando la operación es normal, esto a fin de atacar toda la superficie del mismo.
- Durante el tiempo final del lavado es importante permitir el rebose de los tanques, para producir, el contacto de la solución con estos y remover contaminantes.

- Verificar que el sistema de refinadores tenga los discos abiertos.
- Recircular la solución entre el tanque de máquina y los refinadores.
- Abrir las líneas de drenado al máximo y cerrar rápidamente.
- Abrir todas las válvulas de recirculación al máximo.
- Disminuir la velocidad de la malla, ajustar velocidad para lograr que la línea de agua llegue al final de la mesa de formación para su lavado.
- Recircular solución por el polydisk
- Suspender las salidas de los rechazos al menos hasta la primera etapa de cleaners y abrir al final.
- Recirculación la solución entre el Tanque de máquina y la malla al menos por 2 horas.
- Bombear solución al tanque de aguas claras, turbias, unfilter, tanques de Broke y Tanques de almacenamiento, tener en cuenta alcanzar el nivel normal de uso.



- En el caso de lavados alcalinos enviar la solución Final, al área de pulpa para su recuperación o drenar al sistema de efluentes para la neutralización.
- Enjuagar el sistema con agua fresca hasta lograr que el Ph sea neutro (6 – 8).
- Enjuagar la mesa de formación con abundante agua.
- Lavar todos los sistemas y estructuras adicionales que fueron alcanzados por la solución de lavado.

#### **3.1.4.5. Lavado del Circuito de Aproximación**

Este procedimiento alternativo es más corto ya que no compromete los tanques de Broke y bagazo, es diseñado de tal manera que solo llegue al Tanque de máquina, hidrapulper, cajas de nivel, polydisk, sistema de cleaners y malla.

#### **Parámetros**

- Buena distribución de la solución.
- Tiempo de exposición (1-2 horas).

- Temperatura (125–135 °F / 52–57 °C, para alcalina), (100–140 °F / 38–60 °C para ácido).
- Ph ( el establecido).

### **Prioridades antes de parar para un Lavado**

- Suspender el suministro de pulpas y aditivos químicos.
- Prepare la solución de lavado y ajuste la temperatura.
- Bombear la solución de Tanque de mezcla al Tanque de máquina.
- La solución de lavado es enviada del Tanque de máquina a la caja de nivel, pasando por los sistemas cleaners, llegando a la malla, pasando al Tanque de aguas claras y recircula sin pasar por las aguas claras o tanques de servicio.
- Recircular la solución (mínimo 2 hoas).
- Drenar o enviar a recuperación la solución de lavado.
- Lavar con agua fresca hasta ajustar el Ph al rango de Trabajo.

**Nota:** Es muy importante revisar todas las válvulas de recirculación y acceso a los tanques para evitar que la solución llegue a un lugar no programado y se extienda el lavado.

A continuación se describe el procedimiento para el lavado del sistema de aditivos químicos (apresto, carbonatos, colorantes y otros).

- Lavado del Sistema de Apresto Size Press: Este sistema se debe lavar ya que es muy propenso a la contaminación microbiológica, es obligatorio su lavado para mejorar el efecto de los biocidas.
- El lavado de este sistema comprende el tanque de servicio, almacenamiento y tuberías, para esto se llena el tanque de servicio y se bombea la solución de tal manera que esta llegue a los rodillos de la prensa de encolada y a toda la tubería
- Drenar la solución y enjuagar con agua fresca hasta ajustar el Ph.
- Este procedimiento es extensivo a todos los sistemas de químicos.

#### **3.1.4.6. Componentes de un Lavado**

El lavado consiste en la aplicación de una mezcla de químicos que

solubiliza, dispersa y remueven los diferentes tipos de depósitos, la solución puede contener los siguientes componentes.

- **Alkali:** Son hidróxidos de litio, sodio, potasio, rubidio, cesio, francio y amonio, cuya característica es su habilidad para formar jabones solubles con ácidos grasos

El más común es el hidróxido de sodio, es efectivo y su costo es bajo lo que generaliza su uso en la industria papelera, otra Alkali de amplio uso es el hidróxido de potasio aunque su costo es superior los resultados del lavado son mejores y permite trabajar a temperaturas inferiores. Las compañías expertas en lavados elaboran formulaciones con variación del contenido de hidróxidos de sodio y potasio, así logran un lavado efectivo y su costo es intermedio.

- **Quelantes:** Su función es remover incrustaciones en tuberías bombas y otros equipos metálicos, es realmente efectivo contra sales de bario, sulfato y calcio. En estos quelantes el más conocido es el EDTA (ácido Ethilendiaminotetracético) y el NTA (ácido nitroacético).

Al disolver el producto, este se hidroliza liberando carga y convirtiéndose en un imán de iones, su mejor desarrollo se logra a PH (11 – 12.5), se recomienda inicialmente atacar el sistema con soda

cáustica y luego añadir el quelante, evitando así interferencias, el mecanismo de acción del quelante sugiere la formación de complejos estables que atrapan las sales y depósitos para ser arrastrados en el agua de enjuague.

- **Surfactantes:** Son moléculas compuestas de dos grupos: uno hidrofílico y otro hidrofóbico, debido a esta naturaleza bipolar forma una interface superficial que dispersa y solubiliza sólidos insolubles en soluciones normales.
- **Dispersantes:** Son moléculas iónicas de carga positiva o negativa que conducen su carácter a la solución y atraen así partículas contaminantes, se suelen combinar con surfactantes y así lograr cubrir el amplio rango de partículas en el sistema.
- **Solventes:** Estos ayudan a humectar y disolver depósitos, su uso es reducido a máquinas para producción papeles finos, estos solventes actúan sobre ceras, látex, esteres, antiespumantes y resinas de resistencia en húmedo.
- **Ácidos:** Ácidos como el sulfúrico, clorhídrico, sulfámico, y fosfórico son comúnmente usados para remover incrustaciones de calcio y oxalatos.

El uso de uno o varios de estos componentes proporcionan diferentes condiciones de lavado que se aplican de acuerdo al sistema.

### **3.1.5 Tipos de Lavados**

**3.1.5.1 Lavado Ácidos:** Aplicados generalmente a máquinas de encolado alcalino y con frecuente o rápida formación de depósitos de carbonatos y otras rellenos, no es recomendable usar temperaturas altas (superiores a 35 °C) ya que la solubilidad del carbonato es menor, de otro lado a bajas temperaturas la acción corrosiva es menor, es recomendado enjuagar el sistema con una solución diluida de soda a fin de remover trazas de ácido y facilitar el ajuste al rango normal de trabajo.

**3.1.5.2 Lavado Cáustico:** Generalmente se usan compuestos de sodio o potasio, el primero se generaliza en las plantas debido a su bajo costo, pero el segundo proporciona una mejor calidad de lavado; los fabricantes han formulado mezclas de estos que proporcionan una efectividad aceptable y su costo es mesurado.

**3.1.5.3 Lavado Cáustico Mas Surfactantes:** Se usa para remover depósitos de fibras, rellenos, hidróxido de aluminio, pitch, y otros pequeños depósitos.

**3.1.5.4 Lavado Cáustico con Surfactantes y Solventes:** Se usan cuando hay evidencia de cantidades grandes de stickies.

**3.1.5.5 Cáustico con Quelante:** Se usa para remover incrustaciones de aluminio, calcio, sulfato, oxalato y bario que no son removidas con un lavado ácido, sin embargo si el problema es de carbonatos de calcio se obtiene mejor resultado con un lavado ácido y su costo es menor.

**3.1.5.6 Lavado Acido mas Surfactantes:** Se usa en máquinas con alto consumo de carbonato de calcio, propensas a grandes incrustaciones.

Los proveedores y fabricantes de soluciones de lavado continúan su investigación y es así como hoy por hoy en el mercado se consiguen novedosos procedimientos ya gentes de lavado que asegurar mejores resultados y minimizan el impacto ambiental y el riesgo de manipulación.

**3.1.5.7 Lavado Enzimatico:** Es un método que no requiere de grandes cantidades de ácidos o alkali, su medio de vehículo es

prácticamente neutro y la temperatura baja, se utilizan enzimas específicas que aceleran la remoción de depósitos orgánicos.

Las enzimas no son organismos vivientes, son moléculas producidas mediante técnicas biológicas con el uso de células, estas enzimas actúan como catalizadores de otras moléculas tales como almidones y proteínas, los rangos de Ph son de 5 –8 y las temperaturas entre 25 – 50 °C.

## **3.2 IDENTIFICACION DE DEPOSITOS, MANCHAS Y PUNTOS EN EL PAPEL**

### **3.2.1 Generalidades**

El propósito primario del kit de análisis de manchas, puntos y depósitos, es el efectuar un análisis rápido de defectos en el papel. El propósito secundario es el de aplicar muchas de las técnicas descritas para hacer un análisis cualitativo de un depósito en la máquina de papel.

### **3.2.2 Procedimientos**

Las siguientes instrucciones son más que un libro de cocina: se deben



tener en cuenta ciertos parámetros para aplicar ciertas pruebas e interpretar los resultados, lo cual puede incrementar de forma considerable la precisión y rapidez de los análisis. La siguiente lista ayudará a determinar la causa del problema como también su composición:

- Si el problema se encuentra en el papel terminado, determine de que tipo son:
- Material extraño, manchas y puntos.
- Huecos, rasgaduras, quebraduras.
- Decoloraciones, puntos claros.
- Otras anomalías con la fibra.
- Determine la frecuencia de ocurrencia:
- Continuo – Ocurre con todos los grados y corridas, esto indica que hay un problema en la máquina.
- Frecuentemente – Ocurre en grados especiales o ciertas corridas. Esto indica un problema en una materia prima o en el furnish.

- Ocasionalmente o frecuentemente – sin una característica repetitiva, esto usualmente indica que hay acumulaciones en el sistema, los cuales se desprenden sin un patrón fijo.
- ¿ Hay algún depósito obvio de lama, espuma o pitch en la máquina?  
¿Su naturaleza ha sido determinada?
- Si el problema son depósitos, de que clase están ocurriendo?
- Fibroso o en forma de cuerdas
- Gelatinoso o baboso
- Resinoso o pegajoso
- Ha habido cambios recientes en la máquina, en sus condiciones, en el furnish o en los aditivos químicos?
- Hay defectos visibles solamente en un punto particular de la máquina p. Ej. Después de las prensas, size press, secadores o la calandria?

- Cuál es la localización del defecto en la hoja? Los defectos se presentan con un patrón regular a una distancia fija desde un extremo?

Tales parámetros pueden indicar la presencia de un material extraño en la malla de la máquina, los rodillos de las prensas, las lonas de los rodillos de secado o la calandria, o pueden indicar una fuga en forma de gotas de un rodillo aéreo o de rodillos llenos de aceite, como también huecos por un chorro.

### **3.2.3 Observación Visual**

Observe el defecto del papel o depósito con un microscopio para tener más conocimiento acerca de la composición del defecto.

- Busque si hay materiales extraños (algún otro material diferente a las fibras alimentadas al sistema). Si hay un defecto en el papel, trate de identificar si el material está ubicado dentro de la hoja (un problema en el material suministrado a la máquina), o si esta presente en el lado malla o el lado fieltro de la hoja (un problema de la máquina).
- Examine huecos, arrugas y rupturas del papel buscando trazas de material extraño en los bordes. En muchas ocasiones un cuerpo extraño localizado en o sobre la hoja puede ser aplastado por los

rodillos del calan y enviado fuera de la misma dejando un hueco o depresión. Este material puede adherirse a la máquina en puntos de tolerancia estrecha causando marcas deslizantes o rasgaduras que pueden ser dobladas y presionadas.

- Observe la apariencia física del material extraño y compárelo con materias primas o materiales conocidos y con sustancias que sean sospechosas.

Muchos problemas pueden ser diagnosticados más fácilmente en una hoja no calandreado debido a que se puede destruir la forma original del defecto.

#### **3.2.4 Observación Física**

Determine las propiedades físicas de la mancha, punto o material de depósito.

- Observe el efecto que se obtiene con la luz transmitida y determine si el material es translúcido.

### 3.2.5 Test Químico

**3.2.5.1 Sulfato de Aluminio:** Las masas de hidróxido de aluminio (algunas veces llamadas lama química) puede parecer gelatinosas y similares a la lama biológica, pero la prueba de proteína será negativa, el alumbre usualmente origina un defecto que es de apariencia blanca a transparente, dependiendo del grado de hidratación y normalmente, son duras y quebradizas.

#### Prueba

- Para chequear hidróxido de aluminio o alumbre grado papel (sulfato de aluminio), remueva varios puntos y colóquelos en una placa.
- Aplique unas gotas de solución de NaOH al 10% (SS-4), el hidróxido de aluminio se disolverá.
- Neutralice con solución 1:1 de HCl (V/V) usando un papel indicador de pH hasta alcanzar un pH de 7.0. Se formará un floc, el cual desaparecerá con la adición de más ácido. El punto de neutralización es más fácil de alcanzar si el HCl y el NaOH son diluidos primero con agua.

### 3.2.5.2 Test Confirmatorio para Aluminio

Ejecute el test óptico para Aluminio como una confirmación posterior (kit de análisis para agua). Coloque varios puntos en la botella del colorímetro y disuelva unas pocas gotas de solución de NaOH al 10%, neutralice con HCl 1:1 y adicione una gota en exceso. Haga varios blancos colocando varios puntos en los tubos enrase con agua desionizada a la marca indicada y proceda con el análisis. (En la planta se cuenta con un kit para análisis de aluminio de MERCK que puede utilizarse para la prueba).

**Nota:** El caolín y otros materiales de relleno son principalmente silicatos de aluminio, pero debido a que ellos son muy poco solubles, el test será negativo para ellos.

### 3.2.5.3 Colofonia (Test De Raspail)

La Colofonia es una resina de madera que se encuentra en depósitos gomosos de maderas. En una forma purificada es usada como encolante químico. La colofonia es un material de coloración amarilla translúcida – ambar y es dura y quebradiza, disuelve en NaOH al 10% y cloroformo: si se agrega la cantidad justa de cloroformo el material se torna pegajoso. Cuando al colofonia se encuentra en gomas de

maderas, este puede ser de coloración café – oscura y un poco más blando debido a la presencia de ácidos grasos.

**Test:**

- Coloque una porción del defecto del papel en una placa de vidrio.
- Aplique una gota de solución concentrada de azúcar (SS-8) en la mancha y además en el área adyacente (control).
- Permita que la muestra se moje y luego seque el exceso de solución con un papel toalla o filtro.
- Cuidadosamente aplique una gota de ácido sulfúrico concentrado (SS-3) a la mancha y al área de control.
- Observe bajo el microscopio.
- Un color rojo frambuesa aparecerá si hay colofonia, compare el color desarrollado con el del área de control.
- Después de un tiempo la muestra desarrollará un color café debido al ataque ácido al papel.

**Nota:**

- Tanto la colofonia natural, como la utilizada para el encolado del papel, darán un resultado positivo.
- Algunas colofonias de encolado modificadas producirán diferentes tonalidades de rojo. Compárelo con el desarrollado por muestras conocidas de encolantes suministrados al sistema.
- En una hoja oscura hecha a partir de fibra recuperada, la diferencia en concentración en el defecto y en la hoja, puede ser visto más claramente iluminando la hoja con una luz paralela a la superficie del papel.
- Las manchas de colofonia solas son quebradizas y disuelven rápidamente en cloroformo (SS-5) y además en solución de NaOH al 10%. Cuando la mancha de colofonia es humedecida con cloroformo esta se torna pegajosa.

**3.2.5.4 Depósitos Orgánicos (Pitch)**

El pitch natural de la madera es usualmente una mezcla de ácidos grasos que son blandos y ácidos de colofonia que son duros y



quebradizos. Si una mancha de tipo orgánica suave aparece, realice una prueba para depósitos de ácidos grasos así:

- Disuelva la mancha en un beaker o lávelo con cloroformo. Remueva la fibra y deje evaporar al cloroformo.
- Aplique unas pocas gotas solución de NaOH al 10%. Los ácidos de colofonia formaran sales de colofonia que son muy solubles en cáustica. Los ácidos grasos formarán sales de cadenas largas o jabones que son ligeramente solubles en cáustica, originando un gel que puede ser disuelto en agua.

#### **3.2.5.6 Hierro**

Las partículas de hierro son de color gris - oscuras o negras y son duras al tacto, despréndalas de la hoja y determine su naturaleza magnética usando un imán. Los óxidos de hierro pueden encontrarse de color café-rojizo a negro y son fácilmente destrozadas al hacerles presión. El hierro disuelve en HCl 1:1 (SS-1), formando una solución amarilla.

**Nota:** Para identificar los puntos de hierro, también se puede utilizar el kit de MERCK 14403-ácido tioglicólico que da un desarrollo de color rojo intenso.

### **3.2.5.7 Test de Solubilidad para Polietileno**

El polietileno es un material sintético que se encuentra con mucha frecuencia, las posibles fuentes pueden ser bolsas de empaque de aditivos, recubrimientos plásticos de recipientes de muestreo o material foráneo al proceso como bolsas de alimentos, etc. Este material puede ser translúcido o contener pigmentos opacos o coloreados. El plástico es un material firme y fuerte – insoluble en ácido, cáustica y cloroformo.

#### **Test**

- Coloque una mancha en un beaker con 5 ml. De tolueno.
- Evapore lentamente en un plato caliente RECUERDE “El Tolueno es inflamable”.
- Observe si el material disuelve.

- Remueva el beaker del plato justo antes de alcanzar la sequedad.
- Examine bajo el microscopio. Si se observa una fina capa de cristales, entonces hay polietileno.

#### **3.2.5.8 Test Opcional con Llama**

- Coloque una muestra de la mancha en un crisol de porcelana y caliéntelo con una llama fina.
- Observe si el material chasquea o se quema, lo cual denota la presencia de material orgánico. Observe si hay desprendimiento de humo y si hay un olor característico a caucho quemado.
- Remueva el crisol y observe visualmente las cenizas, para observar la cantidad de material inorgánico remanente.

#### **Nota:**

- El grafito y el negro de humo no dejan residuo.

- Las manchas de carácter metálico o mineral no se funden o amplían, ellas dejan normalmente una mancha de ceniza blanca o coloreada en la base del crisol.
- Las manchas de pitch, cera, resinas, caucho o grasa, se funden y se amplían cuando se calientan y al quemarse normalmente producen un olor característico. Compare siempre el color con el producido con una muestra del material en sospecha.

**3.2.5.9 Procedimiento Adicional:** Para facilitar la visualización en el test de llama, se recomienda utilizar un porta objetos como soporte para la muestra y un mechero de alcohol como fuente de calentamiento. Normalmente los productos orgánicos se funden a baja temperatura y al quemarse desprenden humo de color negro.

#### **3.2.5.10 Test de Campo para Aluminio**

##### **Resumen**

Las sales de aluminio como el hidróxido de aluminio, fosfato de aluminio y resinato de aluminio, reaccionan con la solución de Morin, para producir un complejo que fluoresce brillantemente al exponerlo a luz UV. El aluminio presente en el Caolin no reacciona. No ejecute esta prueba sobre cenizas.

**Equipo:**

- Placas de vidrio de 2\*2
- Lámpara UV.

**Reactivos:**

- Solución de ácido acético al 10%.
- Solución de Morin

**Procedimiento para Depósitos:**

- Coloque una pequeña cantidad del depósito en la placa de vidrio.
- Adicione una gota de solución de ácido acético para cubrir el defecto y déjelo por dos minutos.
- Adicione una gota de solución de Morin.

- La presencia de aluminio será confirmada por el desarrollo de un complejo verde – amarillo que fluoresce brillantemente con luz UV.

#### **Procedimiento para Puntos en el Papel:**

- Corte un pedazo del papel y colóquelo en la lámina de vidrio.
- Corte un pedazo de papel sin mancha y colóquelo en la lámina de vidrio – como control.
- Repita los pasos 2, 3 y 4 del procedimiento anterior.

#### **3.2.5.11 Acetato De Polivinilo – Alcohol Polivinílico**

##### **Resumen:**

El acetato de polivinilo reacciona con una solución de yodo para producir un color café – rojizo. Cuando se agregan cristales de ácido bórico se produce un fuerte color azul si hay alcohol polivinílico presente. Este test no puede ser usado en presencia de almidón debido a que la reacción produce también un color azul.

**Equipos:**

- Tubo de ensayo.
- Espátula.
- Pipeta.

**Reactivos:**

- Solución de yodo.
- Solución de  $\text{HCl}$  1:3
- Cristales de ácido bórico.

**Procedimiento Para Depósitos:**

- Coloque una pequeña cantidad del depósito en el tubo de ensayo.
- Adicione aprox. 0.5 ml de solución de yodo y mezcle bien.
- Adicione dos gotas de soln. De  $\text{HCl}$  y mezcle bien. Se forma un fuerte color café – rojizo si hay acetato polivinílico.
- Un color azul indica la presencia de almidón.

- Si no se ha detectado almidón, agregue varios cristales de ácido bórico.
- Un color azul pastel en los cristales de ácido bórico, indica la presencia de alcohol polivinílico.

#### **Procedimiento para Manchas en Papel:**

- Mezcle aprox. 0.5 ml de soln. De yodo y dos gotas de  $\text{HCl}$  en un tubo de ensayo.
- Usando una pipeta o un gotero, coloque una pequeña gota en la mancha y otra en un área limpia.
- Si no se ha detectado almidón coloque un cristal de ácido bórico sobre la mancha.
- La formación de un color azul pastel indica la presencia de alcohol polivinílico.



### **3.2.5.12 Test Almidón**

#### **Resumen:**

El almidón reacciona con el yodo a un pH ácido para formar un complejo azul. Los almidones catiónicos, substituidos o resinas modificadas no reaccionaran.

#### **Equipos:**

- Tubo de ensayo.
- Pipeta.

#### **Reactivos:**

- Solución de HCl 1:3
- Solución de Yodo

#### **Procedimiento Para Depósitos:**

- Coloque una pequeña cantidad del depósito en el tubo.

- Adicione 1 – 2 gotas de  $\text{HC1}$  y mezcle bien.
- Adicione 3 – 5 gotas de solución de yodo y mezcle bien.
- La aparición de un color azul indica la presencia de almidón.

#### **Procedimiento para Manchas en Papel:**

- Agregue al tubo 2 gotas de solución de  $\text{HC1}$  y 5 gotas de la solución de yodo.
- Coloque una pequeña gota de la solución sobre el papel y otra sobre un área limpia.
- La formación de un color azul indica la presencia de almidón.

#### **3.2.5.13 Test de Campo Bario**

##### **Resumen:**

Las sales de bario son ligeramente solubles en  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado caliente. Cuando la solución es diluida con un gran volumen de agua,

las sales de bario forman un precipitado. Se debe tener extremo cuidado al manipular ácido concentrado, use protección visual.

**Equipo:**

- Extractor
- Crisol De Porcelana
- Plancha de calentamiento
- Pinzas para crisol
- Beaker
- Tubo de ensayo
- Propipeta

**Procedimiento para Depósitos:**

- Coloque una pequeña cantidad de las cenizas del depósito en el beaker.
- Cubra el depósito con una pequeña cantidad de ácido.
- Caliente con la plancha, hasta cuando la mezcla comience a ebulir (generación de humos blancos).

- Llene el tubo de ensayo con agua desmineralizada hasta la mitad y cuidadosamente agregue una gota de la solución caliente.
- La formación de un precipitado muy fino de color blanco es una indicación de la existencia de bario.

#### **Procedimiento para Manchas en Papel:**

- Corte varias manchas y colóquelas en un crisol.
- Introduzca el crisol en la mufla hasta convertir en cenizas.
- Cubra la ceniza fría con una mínima cantidad de  $H_2SO_4$  conc.
- Repita los pasos 3, 4 y 5 del procedimiento anterior.

#### **3.2.5.14 Test Calcio**

##### **Resumen:**

El calcio en una muestra calcinada reacciona con una solución de oxalato de amonio formando oxalato de calcio que se precipita. El

volumen de precipitado, es una indicación de la cantidad de calcio presente.

**Equipo:**

- Crisol
- Mufla
- Pinzas
- Pipeta y Propipeta
- Tubo de ensayo

**Reactivos:**

- Solución al 10% de ácido acético
- Solución de oxalato de amonio

**Procedimiento Para Depósitos:**

- Coloque una pequeña cantidad de muestra calcinada en un tubo de ensayo.

- Adicione aprox. 1 ml de solución de ácido acético, mezcle bien y espere 2 – 3 min.
- Usando la pipeta, transfiera el líquido claro sobrenadante a un tubo de ensayo limpio.
- Adicione un volumen de solución de oxalato, igual al transferido al tubo de ensayo.
- Un precipitado blanco indica la presencia de calcio.

#### **Procedimiento para Manchas en Papel:**

- Coloque varias pedazos de papel con manchas en un crisol.
- Corte un área igual de papel bueno y colóquelos en crisol.
- Calcine las muestras en la mufla.
- Coloque las cenizas en tubos marcados.

- Adicione aprox. 1 ml de la soln. De ácido acético en cada tubo, mezcle bien y deje reposar.
- Transfiera los sobrenadantes claros a otros tubos.
- Adicione cantidades iguales de oxalato de amonio y mezcle bien.
- Se formará un precipitado blanco si hay presencia de calcio.

#### **3.2.5.15 Test Carbonatos**

##### **Resumen:**

Las sales inorgánicas de carbonatos, reaccionan con solución de HCL, generando dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, la concentración relativa del carbonato puede ser estimada en base a la intensidad de la reacción. Esta prueba no puede realizarse en muestras calcinadas.

##### **Equipo:**

- Lamina de vidrio.
- Pipeta o gotero.
- Microscopio x 30.

- Espátula.

**Reactivos:**

Solución de HCl A:3.

**Procedimiento para Depósitos:**

Usando una espátula esparza una pequeña cantidad de muestra sobre la lámina de vidrio.

Coloque varias gotas de solución de HCl en la placa de vidrio e inclínela para que la solución haga contacto con el ácido.

Si hay formación de burbujas de gas en la muestra, hay carbonato presente.

**Procedimiento para Manchas en el Papel:**

- Coloque una pequeña porción de papel en un porta objetos y obsérvela en el estereoscopio.
- Usando un gotero coloque cuidadosamente agregue una gota de solución de HCl en el área de la mancha y otra en papel normal como blanco.



- Observe cuidadosamente si hay evolución de burbujas, en tal caso la prueba es positiva.

#### **3.2.5.16 Test Contaminación Biológica (Slime)**

##### **Resumen:**

Varias formas de proteínas reaccionan con el spray Biocheck para producir un color violeta. En ausencia de caseína, pegantes de origen animal y otras fuentes de proteínas, un test positivo indica que hay crecimiento biológico. La prueba es muy sensible y puede reaccionar con las huellas digitales en la muestra.

##### **Equipo:**

- Pinzas
- Papel filtro
- Espátula
- Estufa caliente
- Spray Biocheck (R5531)

##### **Procedimiento para Depósitos:**

- Usando una espátula, esparza una pequeña cantidad del depósito en

el centro de un papel filtro. Use pinzas para evitar el contacto del papel filtro con las manos.

- Aplique el spray sobre el depósito.
- Después de varios minutos, coloque el papel filtro en la estufa a 100°C y caliente por 5 –10 min.
- La presencia de SLIME genera un color rosado – violeta en el área de la prueba.

#### **Manchas en el Papel:**

- Corte una porción de papel, manipulando lo menos posible la muestra.
- Aplique el spray tanto al área de la mancha, como a un área normal que sirva de control.
- Después de varios minutos, coloque la hoja de papel en la estufa a 100°C por 10 min.

- Aparece un color rosado – violeta en el área del depósito si hay SLIME.

### **3.2.5.17 Test Fosfato**

#### **Resumen:**

Los ortofosfatos reaccionan con solución de citromolibdato para formar un precipitado amarillo de fosfomolibdato. La concentración del fosfato puede ser estimada de acuerdo a la cantidad relativa de precipitado formado.

#### **Equipos:**

- Crisol
- Mufla
- Pinzas
- Plancha de calentamiento
- Placas de vidrio

#### **Reactivos:**

- Solución de  $\text{HCl}$  1:3
- Solución de citromolibdato

**Procedimiento para Depósitos:**

- Coloque una pequeña cantidad de depósito o cenizas.
- Adicione varias gotas de solución de HCL y caliente la placa a sequedad.
- Adicione varias gotas de solución de citromolibdato y caliente suavemente para no llevar a sequedad.
- La formación de un precipitado amarillo indica la presencia de fosfato.

**Procedimiento para Manchas en Papel:**

- Corte varias manchas y colóquelas en el crisol.
- Calcine la muestra en la mufla.
- Deje enfriar el crisol y adicione varias gotas de soln. De HC1.
- Caliente el crisol sin llegar a sequedad.

- Repita el paso 3 del proc. Anterior.

#### **3.2.5.18 Test Hierro**

##### **Resumen:**

El ion férrico ( $\text{Fe}^{+3}$ ), reacciona con solución de tiocianato de potasio para producir un complejo de color rojo. La intensidad del color rojo es proporcional a la concentración de hierro.

##### **Equipo:**

- Placas de vidrio

##### **Reactivos:**

- Solución 1:3 de HCL
- Solución de tiocianato de potasio

##### **Procedimiento para Depósitos:**

- Coloque una pequeña cantidad del depósito o muestra calcinada en una placa de vidrio.

- Adicione varias gotas de solución de HCl sobre el depósito.
- Adicione una gota de solución de tiocianato de potasio.
- La presencia de hierro, genera un color rojo.

#### **Procedimiento para Manchas en Papel:**

- Corte una pequeña muestra de la mancha y de papel para contramuestra.
- Repita los pasos 2, 3 del procedimiento anterior.

#### **3.2.5.19 Test Lignina**

##### **Resumen:**

La lignina reacciona con una solución de piroglucinol, para producir un rojo brillante o magenta. La intensidad del color, es una indicación de la cantidad de lignina presente. El papel que contiene fibras café,

darán un resultado positivo, dependiendo de la cantidad de fibras presentes.

**Equipo:**

- Placas de vidrio.

**Reactivos:**

- Solución de piroglucinol (R5640)

**Procedimiento para Depósitos:**

- Coloque una pequeña cantidad del depósito en la placa de vidrio.
- Adicione una gota de solución de piroglucinol.
- La formación de un color magenta indica la presencia de lignina.

**Procedimiento para Manchas en Papel:**

- Coloque un pedazo de papel con mancha y otro normal sobre la

placa de vidrio.

- Repita los pasos 2 y 3.
- La formación de un color magenta indica la presencia de lignina.

#### **3.2.5.20 Test Resina de Encolado**

##### **Resumen:**

La resina de encolado reacciona con  $H_2SO_4$  concentrado, después de haberla tratado con una solución concentrada de azúcar formando un color rojo – frambuesa. Otras resinas de la madera pueden producir un color café – rojizo.

##### **Equipos:**

- Placas de vidrio
- Pipeta
- Beaker
- Papel filtro



**Reactivos:**

- $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado
- Azúcar de caña

**Procedimiento para Depósitos:**

- Coloque una pequeña cantidad de muestra en una placa de vidrio.
- Prepare una solución fresca de azúcar.
- Adicione varias gotas de la soln. De azúcar al depósito.
- Después de 2 – 3 min. Seque la muestra con papel filtro.
- Adicione 2 gotas de ácido sobre la muestra.
- Si hay resina aparecerá un color rojo – frambuesa.

**Procedimiento para Manchas en Papel:**

Repita el mismo procedimiento con el papel. El resultado debe

interpretarse con mucho cuidado, ya que la mayoría de los papeles tienen resina de encolado.

#### **3.2.5.21 Test Resinas Wet – Strenght**

##### **Resumen:**

Este procedimiento detecta la presencia de formaldehído que puede estar presente como resina úrea – formaldehído o melamina – formaldehído. Un color rojo – violeta indica prueba positiva, pero el color producido por la resina melamina – formaldehído es pálido y aparece más lentamente.

##### **Equipos:**

- Tubos de ensayo
- Placas de vidrio
- Espátula
- Pipeta

##### **Reactivos:**

- Solución de hidrocloreuro de Fenilhidrazina

- Cloruro férrico

### **Procedimiento para Depósitos:**

- Coloque una pequeña cantidad del depósito en un tubo de ensayo.
- Adicione 4 gotas de solución de fenilhidrazina. Mezcle bien y deje reposar por 1 min. (Peligro – Contiene  $H_2SO_4$ )
- Adicione una gota de solución de cloruro férrico recién preparada disolviendo 0.1 g en 1 ml de agua desionizada.
- Observe por 5 min. Si se forma un color rojo – violeta que indica la presencia de una resina wet strength conteniendo formaldehído.

### **Procedimiento para Manchas en Papel:**

- Corte una pequeña área de papel con las manchas y colóquela en una placa de vidrio.
- Adicione una gota de solución de cloruro de fenilhidrazina sobre la mancha y una sobre un área limpia como control.

- A cada mancha adicione una gota de solución de cloruro férrico.
- Si se forma un color rojo – violeta, hay presencia de resina con formaldehído.

#### **3.2.5.22 Test Titanio**

##### **Resumen:**

Una muestra calcinada se digiere con ácido sulfúrico y se hace reaccionar con peróxido de hidrógeno. Si hay  $TiO_2$  presente se formará un color amarillo – naranja. La intensidad de color es proporcional a la concentración de titanio presente.

##### **Equipos:**

- Plancha de calentamiento
- Mufla
- Extractor
- Pinza para crisol
- Crisol
- Pipeta

**Reactivos:**

- $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado
- Solución de  $\text{H}_2\text{O}_2$  al 3%

**Procedimiento para Depósitos:**

- Coloque una pequeña cantidad de cenizas del depósito en un beaker.
- Adicione varias gotas de ácido concentrado. Hasta cubrir completamente la muestra.
- Caliente el beaker hasta que se generen humos blancos.
- Permita que se enfríe el beaker y agregue lentamente varias gotas de  $\text{H}_2\text{O}_2$  al 3% cuidado.
- Si hay titanio aparecerá un color amarillo.

**Procedimiento para Manchas en Papel:**

- Corte varias manchas del papel y deposítelas en un crisol.
- Corte un área similar de papel limpio y colóquelo en otro crisol como control.
- Calcine las muestras.
- Cuando estén fríos, agregue varias gotas de ácido.
- Repita los pasos 3 y 4.
- Si hay titanio aparecerá un color amarillo.

**3.2.5.23 Test Calcinación de Depósitos****Resumen:**

Una pequeña cantidad de depósito se lleva a ceniza en una mufla a 800°C para asegurar que todo el material orgánico se destruya y escape como gases. La calcinación es una técnica muy útil para estimar la razón orgánica: inorgánica y asegurar la destrucción del material orgánico que puede interferir en algunas pruebas, algunos

compuestos inorgánicos como el hidróxido de aluminio, sulfato de aluminio y carbonato de calcio, se descomponen durante la calcinación. Por lo tanto las pruebas para aluminio y carbonato no deben ser ejecutadas sobre cenizas.

**Equipos:**

- Mufla
- Crisoles de porcelana
- Pinza para crisoles

**Procedimiento:**

- No Se hace traducción de éste punto ya que explica el proceso de calcinación con llama. En nuestro caso siempre hay acceso a muflas.

**3.2.5.24 Test Método de Extracción de Depósitos de Papel con Cloruro de Metileno****Resumen:**

- La extracción de un depósito se hace con cloruro de metileno o éter

etélico, dada la dificultad de conseguir el primero, para remover materia soluble tal como pitch, aceites, antiespumantes, latex. Con la evaporación del solvente se puede hacer una estimación de la relación entre material soluble e insoluble en solvente. Las pruebas cualitativas inorgánicas pueden hacerse después de remover todos los componentes orgánicos.

### **Procedimiento**

- Coloque una pequeña cantidad de muestra del depósito en un beaker.
- Si la muestra está húmeda, séquela en la estufa a 100°C.
- Deje enfriar el recipiente con la muestra y agregue 5 ml de éter etílico.
- Mezcle bien usando una espátula o agitador de vidrio por 20 s y luego deje reposar la muestra, hasta que asiente el material insoluble.
- Decante el solvente a través de un papel filtro en un vaso limpio.



- Repita la extracción varias veces con solvente fresco o hasta que el extracto aparezca incoloro.
- Coloque ambos beakers en una plancha para evaporar el solvente.
- Examine el material soluble en solvente para estimar la concentración relativa de la fracción orgánica y su probable concentración.

Use la fracción insoluble en solvente para hacer prueba para inorgánicos bien sea antes o después de la calcinación de la muestra original.

### **3.3 DETERMINACION CAUSA DEL DEPOSITO**

Los resultados de las pruebas físicas y químicas suministran las claves para encontrar la posible causa del problema. Recuerde que una hoja de papel terminada, refleja el estado de un sistema completo y es el resultado de muchas variables.

Vamos a considerar cinco posibles causas de defectos: Pulpas vírgenes, fibra recuperada (Broke), aditivos químicos, el proceso de manufactura y la operación general de la planta.

### **3.3.1 Las Pulpas Virgen**

#### **3.3.1.1 Pulpa Mecánica**

Chequee bajo el microscopio si hay presencia de fibras de pulpa, bultos de fibra, astillas de madera, y shives (pedacitos de madera o grumos de fibra incocidos en la pulpa blanqueada). Haga una prueba para lignina.

La corteza externa de la madera es de color oscuro, celular y puede despedazarse fácilmente con presión manual o calandreado.

La corteza interna es más liviana, celular, suave y más dura a la presión manual. Ambos materiales dan prueba de lignina positiva. Si hay corteza presente en la mancha o contaminación, indica que hay problemas en el sistema de depuración en planta de pulpa.

#### **3.3.1.2 Pulpa Al Sulfito Y Al Sulfato.**

- Astillas (Blanqueadas o no)
- Protuberancias de pulpa
- Nudos de pulpa
- Corteza de madera

Si algunos de estos elementos están presentes, hay problemas en la sección de depuración en la planta de pulpa. Haga un chequeo para lignina, un resultado positivo indica que hay fibra incocida o hay un mal lavado.

### **3.3.2 Fibra Reciclada**

#### **3.3.2.1 Materiales Extraños**

- Materiales bituminosos y asfalto.
- Proveniente de los papeles tratados con asfalto.
- Negro, suave a la presión del tacto.
- Al agregar cloroformo se forma una raya en el material.
- Después de agregado el cloroformo la mancha de asfalto fluorescente al incidir luz ultravioleta (compare con el producto que se sospecha).

### **3.3.2.2 Aceite o grasa (trapos grasos)**

- Disuelva o olfatee con éter etílico u otro solvente orgánico liviano.
- Fluoresce bajo efecto de luz UV (Compare con el producto que se sospecha).
- Cera proveniente de papeles encerados.
- Translúcida y no se moja cuando la hoja es inmersa en agua.
- Disuelve en solvente orgánico caliente como cloruro de metileno.
- Puede fluorescer bajo luz UV, (Compare con la fuente que se sospecha).

### **3.3.2.3 Manchas de color o tinta (colorantes y pigmentos).**

- Tienen un color distintivo – pueden cambiar de color en medio básico o ácido.
- Puede disolver en solvente orgánico.

- Si no es soluble en solvente orgánico, ácido o base, puede ser un pigmento no disperso.

#### **3.3.2.4. Papel (Desecho o broke sin desfibrar por completo)**

- Pueden volverse brillantes cuando son calandreados.
- Pueden ser separados usando agujas o bisturíes, haciendo observación con estereoscopio.

#### **3.3.2.5. Caucho de bandas de caucho o adhesivos**

- Material elástico a la presión de los dedos.
- Puede abultarse en contacto con solvente orgánico.
- Olor a caucho quemado cuando se quema el material en un crisol.

#### **3.3.2.6 Polietileno de bolsas, recubrimientos o papeles de envoltura.**

- Material firme a la presión de los dedos.

- Insoluble en solvente orgánico: Soluble en tolueno caliente, forma una película de cristales delgados en la base del recipiente cuando se lleva a sequedad.

#### **3.3.2.7 Trenzas de Fibra**

- Puede causar grumos y manchas brillantes de cuatro o más pulgadas de largo. Ellos son causados por pulpas fibriladas, hongos filamentosos, fieltros, telas y cuerdas.
- Examine bajo el microscopio después de humedecer y secar la hoja de papel.

**3.3.2.8. Resinas sintéticas o cubiertas poliméricas del papel reciclado:** Son suaves elásticos y pueden ser coloreadas.

#### **3.3.3 Aditivos**

##### **3.3.3.1 Resina no dispersa o precipitada**

- Quebradiza y dura a la presión de los dedos.

- Color ámbar claro, disuelve en cloruro de metileno o éter etílico.
- Disuelve en soda caústica.
- Prueba de resina positiva.

#### **3.3.3.2 Almidón Cocinado**

- Blanco, aspecto polvoroso a la presión de los dedos.
- Test de almidón positivo.
- Almidón Crudo
- Blanco, aspecto polvoroso a la presión de los dedos.
- Test de almidón negativo.

Ebullia en ácido diluido, enfrié y realice el test de almidón a la solución.  
Ahora el test es positivo.

### **3.3.3.3 Agentes de encolado no dispersos o resinas wet strenght.**

Compare la estabilidad y propiedades físicas de los agentes de encolado del furnish.

### **3.3.3.4. Material de carga inorgánico**

- Compare la solubilidad y propiedades físicas de agentes de relleno.
- Calcine en un crisol y compare con las cenizas de los fillers del furnish. Si no hay material orgánico la apariencia será muy similar.

## **3.3.4 PROCESOS PAPELEROS**

### **3.3.4.1 Depósito Biológico (verde, azul o gris)**

- Busque depósitos biológicos en la máquina.
- Pruebas de depósito positiva.
- Si aparecen depósitos rosados, busque en la máquina depósitos rosados.



#### **3.3.4.2 Arrastre de puntos o suciedades**

- Son de formación irregular y originan disturbio en las fibras.
- Es causado por la adhesión de material del furnish al slice de la cuchilla, generando grumos no constantes cuando son arrastrados dentro de la hoja.

#### **3.3.4.3 Espuma o puntos de espuma**

- Residuos del agua blanca de la máquina proveniente de los filtros o atrapamientos que se depositan en la malla.
- Se encuentran en el lado malla de la máquina.
- Contienen mayores cantidades de rellenos o color que el resto de la hoja.
- Puntos de Burbujas – Producidos cuando una burbuja de aire atrapada estalla en una hoja de papel parcialmente formada.

#### **3.3.4.4 Carbón**

- Color negro, con no magnéticos y algunas veces café – oscuro.

- Se destrozan con la presión al tacto.
- Test de hierro negativo.
- Macérelas y arrastre las partículas en el papel; se produce una marca negra en la hoja.
- Quema, dejando ceniza fina.

#### **3.3.4.5 Carbonilla u ollin**

- Polvo negro fino
- Deja una mancha negra en la superficie cuando es frotado.
- Quema, dejando una ceniza fina.

#### **3.3.4.6 Arena**

- Dura, puede destrozarse con la presión en el calan.

- Puede ser translúcida u opaca y aparecer como esferas o grumos.
- Cuando se someten a maceración aparecen como finas partículas de vidrio bajo el microscopio.
- Es insoluble en ácido.
- Produce efervescencia con solución diluida de  $\text{HCl}$ .
- Las partículas generalmente caen del papel cuando se calandrea dejando huecos.

#### **3.3.4.7 Cemento, Carbonato de Calcio del Caolin o Depósitos de la Cal.**

- Depósitos provenientes del agua dura o residuos de la planta de blanqueo.
- Material quebradizo de color blanco.
- Produce efervescencia con solución diluida de  $\text{HCl}$

#### **3.3.4.8 Fibras de Algodón o Fibras de los Feltros**

- Compare el color de los feltros existentes en la máquina.
- Usualmente se encuentran en la superficie del papel.

#### **3.3.4.9 Manchas de Cobre y sus Aleaciones**

- El bronce proveniente de las tuberías, agitadores o rodillos es brillante y metálico.
- Puede originar formaciones en forma de helechos de color azul, los cuales dan mancha que colorean café – rojizo cuando se hace el test para hierro.

#### **3.3.4.10 Manchas de hierro**

- En forma metálica son magnéticas cuando se logran desprender de la hoja.

- Normalmente se encuentra en su forma oxidada y proviene de tuberías corroídas, de líneas aéreas o de los refinadores.
- Test de hierro positivo.

#### **3.3.4.11 Astillas de Madera**

- Proveniente de cajas de broke, estibas, materiales extraños en el proceso de transporte.
- Dan prueba positiva de lignina.
- Son estructuras muy grandes bajo el microscopio.
- Caucho y Algodón a partir de mangueras y acoples – Compare con posibles fuentes en la máquina.

#### **3.3.4.12 Asbesto**

- Compare el microscopio para diferenciar la fibra.
- Inerte en ácido o base.

- Mantiene inalterada después de calcinar.

#### **3.3.4.13 Depósitos de Pitch**

Chequeé si hay resina y ácidos grasos, ver secciones anteriores.

### **3.4 OPERACIÓN DEL MOLINO**

Defectos o manchas muy frecuentes, pueden deberse a problemas de operación del sistema.

- Si los defectos están ubicados a una distancia definida y con intervalos repetitivos a lo largo del reel, puede deberse, a un defecto en la malla de la máquina, los rodillos de las prensas, las lonas de secado o el rodillo del calan.
- Una línea o franja descoloreada puede originarse en una ducha de lavado tapada.
- Una o varias líneas de puntos de aceite pueden generarse al tener una fuga en una línea hidráulica, un rodamiento o un rodillo de calentamiento lleno de aceite.

### **3.5 LISTA DE CHEQUEO PARA ANALISIS DE DEPOSITOS Y DEFECTOS EN EL PAPEL**

- Chequee el defecto para saber si hay materiales extraños al sistema. Note si hay presencia de mezclas de los mismos, para ello utilice una lupa o el estereoscopio.
- Remueva el exceso de agua de la hoja (ó séquela a 212 F), antes de efectuar las siguientes pruebas químicas:
- Ilama – contaminación microbiológica.
- Hidrocarburos, ceras, asfaltos.
- Almidón.
- Ácidos de colofonia.
- Mezclas de ácidos grasos y ácidos de colofonia (PITCH).
- Lignina.
- Hierro.

➤ Alumbre – Aluminio.

➤ Sulfuros.

➤ Carbonatos.

➤ Polietileno.

Haga una determinación para determinar el contenido de materia orgánica o inorgánica.

Si no se encuentran materiales extraños, observe la hoja con un iluminador de luz día y determine si el área afectada es clara u opaca.

➤ Si es translúcido, humedezca la hoja, remueva luego el exceso de humedad y observe bajo el estereoscopio mientras ilumina la muestra con luz en forma oblicua a la superficie del papel.

➤ La ausencia de fibras superficiales puede indicar que son marcas por burbujas y que hay desprendimiento de las fibras superficiales (picking).



- Un cráter en el papel (El centro es fibra comprimida), indica que un material quebradizo fue comprimido en la superficie del papel y, fue eliminado después del calandreado.
- Si el defecto es opaco, examine el papel con el estereoscopio.
- Estructura regular. Humedezca el papel y retire luego el exceso de humedad para observar si hay puntos de broke, trenzas de fibras y cuerdas.

La ausencia de una estructura regular discernible, indica que hay una concentración local de caolín o de un material de recubrimiento.

## **4. GENERALIDADES DEL ESTUDIO**

### **4.1. DEFINICION DEL PROBLEMA**

La disminución en la productividad debido al incremento en el tiempo perdido ocasionados por múltiples reventones de la hoja de papel como consecuencia de la presencia de huecos originados por el ensuciamiento de la máquina.

### **4.2. PROBLEMÁTICA**

Cuando se incrementa la presencia de huecos en la hoja de papel y al analizar su origen se concluye que es causa del ensuciamiento de la máquina, se toma la decisión de aplicar un lavado cáustico al sistema y así restablecer las condiciones de limpieza, sin embargo se ha observado que después de lavar y durante aproximadamente 10 – 20 horas, sobre el papel aparecen manchas y huecos, estos desaparecen paulatinamente pero en ese lapso de tiempo se pierde producción y se generan un alto porcentaje de rollos con uno, dos o más empalmes.

#### **4.3. SITUACION ACTUAL**

La máquina productora de papel se lava a intervalos de tiempo que no son constantes y la decisión de lavar o no depende de varios factores.

- Cuando la producción vendible decrece drásticamente, el número de reventones aumenta al igual que el tiempo perdido, se toma la decisión de parar la máquina y lavar.
- Se lava la máquina aprovechando su parada por mantenimiento programado.
- La máquina se lava cuando existe inestabilidad o deterioro en química del lado húmedo.
- Se lava la máquina cuando por observación visual de tanques, cajas de vacío, caja de formación y otras estructuras se determina un alto grado de contaminación o presencia de depósitos.
- Se lava la máquina después de una parada de fin de año.

De todos los criterios anteriores no existe una evidencia del manejo estadístico de las variable de juicio y en varias ocasiones se ha

realizado el lavado sin que después del mismo se note una mejoría apreciable, por el contrario hemos descubierto que hay otros factores que enmascaran la situación y obligan a tomar la acción equivocada, estos factores son:

- Contaminaciones puntuales con plástico, madera y otros.
- Deterioro o mala calidad de una materia prima.
- Variación en velocidad en rodillo o secadores.
- Defectos en las vestiduras.
- Variación en los vacíos.
- Problemas de secado.
- Fugas y Goteras.
- Presencia de insectos.
- Problemas de refinación.
- Oscilación en mecanismos de control.

➤ Errores humanos.

En la compañía en los últimos cuatro años solo se han aplican lavados alcalinos simples, sin incluir en estos aditivos químicos, que mejoran el desarrollo del proceso.

Una vez concluido el lavado, se observan algunas partes como las cajas de vacíos, mallas y rodillos tensores y estructuras se encuentran depósitos de fibras, carbonatos y slime.

#### **4.3.1 Ejecución del Lavado Cáustico**

El día anterior al lavado se solicita a productos químicos que envíen al área de máquinas aproximadamente 7 toneladas de soda cáustica al 32%, esta es almacenada en un tanque 110 m<sup>3</sup>.

El día programado para el lavado, se bajan los niveles de los tanques de fibras y de químicos, se diluye la soda cáustica llevando a un volumen de 90%, y se bombea la solución al hydropulper para iniciar el lavado propiamente.

Del Hydrapulper la soda es enviada al tanque de bagazo sin refinar, luego al tanque de bagazo refinado, de allí es pasada al tanque de fibra importada y a través de los refinadores es enviados al tanque de fibra larga refinada, luego es bombeado al tanque de mezcla en donde por él rebose llega al tanque de servicio de máquina y de allí se conduce a la mesa de formación, pasando por el sistema de depurado, la caja de nivel y la caja de entrada, aquí la solución se divide en dos; un drenado que va al tanque de aguas blancas, tanque de servicio de broke y retorna al tanque de mezcla para cerrar el circuito, el otro drenado cae al tanque auxiliar de aguas claras, pasa al sistema de recuperación de fibras, drena a los tanques de aguas turbias, por rebose pasa al tanque de aguas claras y de allí es enviado a cada uno de los tanques de broke.

Tan pronto como se han completado las 3 horas de recirculación en el sistema, se inicia el bombeo de solución al área de planta de pulpa donde por evaporación se recupera la soda cáustica.

Los tanques, tuberías y otras estructuras son enjuagadas con agua industrial, hasta que se alcanza un Ph de máximo 8 unidades, este residuo es enviado al área de efluentes, en donde por un sistema de control en línea de Ph, se adiciona  $\text{CO}_2$  para garantizar que el Ph de

salida sea neutro y así minimizar el efecto del vertimiento a las lagunas de tratamiento.

Una vez concluido el lavado se cierran todos los drenajes, se suben los niveles con los tanques de pulpa y aditivos químicos para dar inicio a la producción, generalmente la máquina se arranca produciendo un papel de alto gramaje (superior a  $70 \text{ g/m}^2$ ), el primer reel es reprocesado como broke y entra de nuevo al sistema; el sentido de esta operación es que la máquina se estabilice y salgan con el papel los últimos residuos que no fueron arrastrados por el agua de lavado y enjuagues.

En teoría la máquina debe recuperar su nivel de producción normal a lo sumo un hora después del arranque, pero en varias ocasiones la presencia de manchas, huecos y otros problemas (mecánicos, eléctricos, etc.) hacen que la producción sea baja y es necesario realizar otros ajustes como en químicos, secado mecánico, eléctrico, etc.

Como ya se ha explicado otra gran dificultad en la máquina es que se suelen conjugar varios problemas que proporcionan una problemática muy compleja.

#### **4.4. OBJETIVO GENERAL**

Reducir en 20% el costo asociado al lavado de la máquina de papel.

#### **4.5. OBJETIVO ESPECIFICO**

- Conocer el impacto y la correlación entre el tiempo perdido, la producción despachable, el % de producción con uno y dos empalmes vs La realización del lavado en la máquina.
- Definir el costo actual del lavado.
- Desarrollar el análisis técnico de los distintos tipos de lavado.
- Redefinir el procedimiento para el lavado de la máquina y las variables que definen su frecuencia.



#### 4.6. JUSTIFICACION

Para la compañía el reducir en un 20% el costo del lavado aplicado a la máquina, se constituye en una gran estrategia para aumentar su productividad, mantener su calidad y optimizar el costo directo del producto.

El llevar a cabo un procedimiento adecuado de lavado que permita mantener la máquina limpia por más tiempo, disminuir o eliminar la presencia de huecos tiene los siguientes beneficios.

- Disminución de tiempo perdido, se reduce el número de reventones en la máquina, ello se traduce inmediatamente en aumento de la producción.
- Reducir el impacto ambiental, la pérdida de fibra como consecuencia del lavado es menor y la calidad del efluente mejora.
- Reducción del % producción con empalmes, la disminución de huecos y contaminantes favorecen el mejor funcionamiento de la Winder, reduciendo el número de rollos con empalmes y el costo que tiene la cinta usada.

- Reducción del costo del agente de lavado: esto se logra cuando se disminuye la frecuencia del lavado como consecuencia de una mayor efectividad de remoción.
- Disminución en la accidentalidad: si disminuimos la frecuencia la exposición de nuestra gente es menor tanto en la ejecución del lavado como en la operación de la máquina durante los reventones de esta.

➤ **Calidad:**

Se ofrece a nuestros clientes un mejor producto, sin manchas, huecos o empalmes.

Reducción en el costo de la mano de obra; la ejecución del lavado exige el compromiso de mano de obra extra, el personal se distribuye en jornadas de 12 horas.

Ambiente de trabajo; la presencia de huecos, aumenta el número de reventones y así la exigencia del personal operativa para poner en marcha de nuevo la máquina.

#### 4.7. HIPOTESIS

- La periodicidad del lavado depende de la tendencia en el incremento del tiempo perdido por operación y por ende su frecuencia no es una constante.
- El número de lavado por año se puede disminuir si controlamos la química del lado húmedo, optimizando el consumo de los químicos empleados, así el sistema no tendrá exceso de los mismos que causen acumulación, depósitos y originen huecos.
- La ejecución de lavados cáusticos simples no es ventajoso ya que no todos los depósitos son removidos, por ello se debe incluir la realización de lavados ácidos y/o formulados especiales.
- El número de rollos con empalmes se puede disminuir si realizamos un mejor lavado de la máquina.

## **4.8. ASPECTOS METODOLOGICOS**

### **4.8.1 Tipo de Estudio**

Este estudio es explicativo ya que con la experiencia y conocimiento del proceso se puede construir un marco de referencia muy sólido que sirva de soporte y herramienta para la solución del problema.

### **4.8.2 Método**

Este estudio es inductivo ya que después de recoger y analizar la información se determinará una solución al problema.

### **4.8.3 Fuentes Y Tecnicas Para Recoger La Información**

#### **4.8.3.1 Primarias**

- Procedimiento y situación actual.
  
- Hojas de registros de tiempos perdidos en operación, rechazos, costos del proceso.

- Experiencia en otras plantas papeleras.

#### **4.8.3.2 Secundarias**

- Información técnica del proceso (libros, revistas, artículos técnicos).
- Información sobre productos usados en el lavado de máquinas papeleras (Fichas técnicas y toxicológicas).

#### **4.8.3.3 Terciarias**

Vivencias y experiencias de expertos y personal de proceso.

## **5. LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACION**

### **5.1 Descripción**

Cuando se realiza una investigación es definitivamente la información la fuente de partida y de la cual depende en gran parte los resultados obtenidos, esta debe ser confiable y objetiva ante todo, solo así podemos tener un proceso centrado con conclusiones claras.

Una vez definida las variables a estudiar y antes de ingresar la información a la base de datos se debe depurar ya que se encuentre que en muchas ocasiones las causas no corresponden a la definición asignada, existe problemas en los registros, o simplemente no esta reportada, así mismo una vez procesada la información se debe iniciar el análisis de los aspectos más relevantes y la explicación del comportamiento de cada una de las variables, es ante todo de gran importancia cruzar la información con aquellas anotaciones especiales sobre el proceso consignadas en bitácoras y otros.

La presencia de huecos, manchas y otros contaminantes incrementa el número de reventones en las máquinas, afectando el nivel de tiempo

perdido y de producción por ende, así mismo y como se pudo observar en algunas ocasiones no presentan reventones en la máquina pero el problema se revela en el corte de rollos en la winder, incrementándose el número de rollos con 1 y 2 empalmes.

Por todo lo anterior las variables seleccionadas para nuestro estudio son:

#### **5.1.1 Tiempo Perdido por Operación**

Es el correspondiente a las causas propias o normales del proceso, excluirémos causas mecánicas, eléctricas, electrónicas, contaminación (plásticos y otros), cambios de grado, presencia de insectos, variación en químicos, falta de bagazo, falta vapor, en fin excluirémos esas causas especiales cuya presencia puede ser explicado bajo hipótesis comprobables y nos encargaremos de aquellas que estén más relacionadas con la presencia de huecos manchas y otros.

Para un mejor análisis de la información dividiremos la máquinas grandes secciones así:

- **Prensas:** Consignaremos los reventones y tiempos perdidos comprendidos desde problemas en Head Box hasta el primer secador incluyendo las 3 prensas, el rodillo de granito y el couch.
- **Presequeria:** Son todos los reventones generados entre el secador número 1 y el 42.
- **Size Press:** Es esta, una de las secciones más críticas en cuanto a la generación de reventones ya que aquí el papel es muy débil debido a la humectación en la piscina, así mismo el efecto tiene factores multiplicados cuando se presentan huecos.
- **Post Sequeria:** Comprende desde el secador número 43 al 61.
- **Calan y Pope Reel:** Es la parte terminal del proceso y una de las secciones con menor probabilidad de reventones.

El sitio exacto del reventón es ubicado por un sistema de radar que posee la máquina y que detecta la falta o discontinuidad a través de sensores unidos a alarmas, registrador y contador de tiempo.



### **5.1.2 Índice De Producción Vendible:**

Está representado por el producto apto para enviar al cliente, de esta se excluye los defectos de calidad tales como arrugas, corrugas, variación tono, calibre, variable, ondulaciones, manchas y pruebas de calidad fuera de especificación, es de resaltar que en la producción vendible esta incluida aquella con 1 y 2 empalmes.

Con el propósito de lograr un indicador sensible para esta variable y por el hecho de que en la máquina se producen papeles de diferente gramaje con producción / hora distintas, el valor de la producción del día se divide sobre la producción objetivo de acuerdo al gramaje así:

Gramaje de 60, 75, 90 g/m<sup>2</sup> ).

El objeto de construir este indicador es apreciar mejor la variación en la productividad ya que una producción (tonelada / día) de un papel de alto gramaje siendo bajo puede ser aceptable para un gramaje inferior. Ejemplo: Si con papel de 60 gramos / m<sup>2</sup> la producción objetivo es de 100 ton/día y la máquina ha estado produciendo un papel de alto peso (producción objetivo=1500 ton/día) y ha perdido tiempo de producción de tal forma que al finalizar el día la producción reportada es 1200 ton/día (400 ton por debajo del estándar), pero aún así 1100 ton/día

resultaría ser una muy buena producción si se toman como gramaje de 60.

#### **5.1.3 Rollos con Uno y Dos Empalmes:**

Este indicador es importante ya que se ha observado que la presencia de huecos y otros contaminantes que no son detectados en la máquina de papel, causan problemas en la winder ocasionando reventón en la hoja y por ende la necesidad de efectuar empalmes, es también muy importante su estudio ya que representa una oportunidad de reducción de costos y mejoramiento de calidad ya que los empalmes son también un inconveniente para nuestros clientes.

El indicador usado llevará unidades de porcentaje y se obtiene dividiendo la producción con uno o dos empalmes sobre el total del día.

#### **5.1.4 Conteo Microbiológico:**

Este aspecto es de gran relevancia ya que es el principal factor en la producción de contaminantes en el agua y su control es muy difícil debido a que la producción de papel implica el uso de material de orgánico como fibras, aprestos y otros.

## **5.2. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION**

Para facilitar la observación de las tendencias y/o cambios se efectuarán gráficos de línea para cada una de las variables vs el día de producción y la fecha de lavado, el periodo de estudio se divide en semestres y se efectúa una gráfica general y luego se detalla cada uno de los espacios que comprenden el antes y el después del lavado cáustico a fin de establecer la incidencia de este proceso en el día a día.

## **5.3 ANALISIS DE LA INFORMACION**

De acuerdo a la información registrada en 1999 se efectuaban 7 lavados y en el 2000 se realizaban 10 lavados esto nos da un promedio de 8.5 lavados por año, el mayor porcentaje de tiempo perdido se da en la prensa de encolado (s.press).

A continuación se estudio cada lavado, sus antecedentes, ejecución y condiciones posteriores; se cruzará esta información con los registros de los operadores, mantenimiento, eléctricos etc.; todo ello a fin de calificar el lavado, saber si era necesario o no su ejecución, identificar factores que causen problemas antes y después, cuyo efecto pueda ser atribuido a la máquina.

## ANALISIS DEL LAVADO

**FECHA DE LAVADO ENERO 4 DE 1999**

### ANTECEDENTES

La máquina para por las festividades de fin de año pero antes las variables mostraban un comportamiento normal, se aplica el lavado por el arranque.

### CONDICIONES DEL LAVADO

PH	UNIDAD	11.9 – 12.1
CONCENTRACION	%	0.95 – 1.11 %
TEMPERATURA	°C	52 – 55
DURACION	HORAS	9.0 HORAS

### MANTENIMIENTO OTROS

- Cambio fieltro 3era. Prensa.
- Cambio fieltro 1era. Prensa.
- Cambio fieltro Pick Up.
- Cambio rodillo de Bronce de la prensa de encolado.
- Cambio rodillos de la prensa de encolado.
- Cambio del rodillo couch.

### COSTOS DE LAVADO

INTERVALO	DIAS	45
DURACION DE LA PARADA	HORAS	11.8
DURACION DEL LAVADO	HORAS	9.0
CONSUMO DE SODA	TON.	7.5
CONSUMO DE CO <sub>2</sub>	TON.	3.0
PERDIDAS DE FIBRA	TON.	4
CONSUMO DE AGUA	M <sup>3</sup>	1.200
MANO DE OBRA	H. HOMBRE	120

### VARIABLES CRITICA

	ANTES	DESPUES
TIEMPO PERDIDO	60"	45
P. VENDIBLE	0.82	0.86
MICROBIOLOGICO	-	-
1 Y 0 EMPALMES	-	-
2 EMPALEMS	-	-

### CONCLUSION

Se observa que la tendencia en el tiempo perdido disminuyó, el índice Producción mejoró y en general la productividad fue mayor.

El arranque de la máquina no presento contratiempo y transcurrida 1 hora el papel salía sin huecos o manchas.

El lavado cumplió con el objetivo.

## ANALISIS DEL LAVADO

**FECHA DE LAVADO 3 DE FEBRERO 1999**

### ANTECEDENTES

La máquina tiene un tiempo perdido por operación de 70 minutos / día, no hay evidencia de suciedad en la máquina, el índice de producción es de 0.85 esta dentro de lo normal, se lava para aprovechar parada de mantenimiento pero se pudo haber prolongado el intervalo. Se aplica al sistema un lavado al circuito corto de aproximación.

### CONDICIONES DEL LAVADO

PH	12.1 – 12.2
CONCENTRACION	1. 0 - 1.09
TEMPERATURA	54°C
DURACION	9.5 horas

## MANTENIMIENTO OTROS

- Cambio fieltro 3era. Prensa.
- Febrero 25 cambio fieltro primera prensa.
- Cambio rodillo rey del calan.
- Cambio de rodillos de lona secador.

## COSTOS DEL LAVADO

INTERVALO	30
DURACION DE LA PARADA	16.5
DURACION DEL LAVADO	9.5
CONSUMO DE SODA	21.8
CONSUMO DE CO <sub>2</sub>	12.6
PERDIDAS DE FIBRA	12
CONSUMO DE AGUA	1450 m <sup>3</sup>
MANO DE OBRA	132
TRANSPORTE	8

## VARIABLES CRITICAS

	ANTE	DESPUES
TIEMPO PERDIDO	70	83
P. VENDIBLE	0.87	0.90
MICROBIOLOGICO	-	-
1 Y 2 EMPALMES	-	-

## **CONCLUSION**

Después del arranque la máquina tardó 4 horas para estabilizarse ya que se presentaron múltiples reventones por huecos y manchas en el papel, durante los 8 días posteriores el nivel de producción fue de 0.80 pero al noveno día la producción se recupera alcanzando valores de 0.90%.

El lavado no cumplió con las expectativas ya que después el tiempo perdido aumentó.



## ANALISIS DEL LAVADO

**FECHA DE LAVADO MARZO 3 DE 1999**

### ANTECEDENTES

Los niveles de producción se mantienen en buenos valores pero se ha notado el incremento en el número de reventones en size press aunque el tiempo perdido conserva valores aceptables.

### CONDICIONES DEL LAVADO

PH	11.9 – 12.4
CONCENTRACION	0.8 – 1.0
TEMPERATURA	58 °C
DURACION	78

### MANTENIMIENTO OTROS

- Cambio rodillo de pasta y caucho de la prensa de encolado.
- Cambio rodillo Bronce del calan.
- Cambio rodillo rey del calan.
- Cambio fieltro Pick – Up.
- Cambio rodillo pape reel.

### COSTOS DEL LAVADO

INTERVALO	30 DÍAS
DURACION DE LA PARADA	10 HORAS
DURACION DEL LAVADO	7.8
CONSUMO DE SODA	6.22
CONSUMO DE CO <sub>2</sub>	3.2
PERDIDAS DE FIBRA	15
CONSUMO DE AGUA	1020 M <sup>3</sup>
MANO DE OBRA	120
TRANSPORTE	5

### VARIABLES CRITICAS

	ANTES	DESPUES
TIEMPO PERDIDO	65	80
P. VENDIBLE	0.9	0.86
1 Y 2 EMPALMES	-	-

### CONCLUSION

Después del arranque la maquina no tuvo problemas para desafortunadamente a los dos días se presentó una contaminación del bagazo que obligo a suspender producción, desocupan los tanques y cambio de aguas de dilución, después de tomadas dichas medidas el nivel de producción aumentó pero sin llegar a lo esperado ya que en pequeños porcentajes la contaminación se presentaba.

## ANALISIS DEL LAVADO

**FECHA DE LAVADO ABRIL 7 DE 1999**

### ANTECEDENTES

El tiempo perdido se incremento hasta 110 minutos / día pero su origen fueron problemas eléctricos, rodillo de s. press averiado, caídas de voltaje y vapor, defecto en una lona, todos estos aunque el tiempo no se tome en la operación, si afectan la runabilidad pues en muchos casos han de transcurrir varias horas para poder definir el problema.

### CONDICIONES DEL LAVADO

PH	11.7 – 12.4
CONCENTRACION	0.9 – 1.0
TEMPERATURA	58 °C
DURACION	8 HORAS

### MANTENIMIENTO OTROS

- Se cambió la malla de máquina en abril 8.
- Cambio de lona secadora 2da. Sección.
- Abril 8 cambio fieltro 1era. Prensa.
- Abril 26 se cambio fieltro Pick – Up.
- Abril 26 rodillo pasta y caucho de la prensa de encolado.
- Abril 26 rodillo curvo de entrada en la prensa de encolado.
- Abril 8 alinear el rodillo de granito.
- Abril 8 cambiar el rodillo de calan.

### COSTOS DEL LAVADO

INTERVALO	34 DÍAS
DURACION DE LA PARADA	11 HORAS
DURACION DEL LAVADO	8 HORAS
CONSUMO DE SODA	7.0 TON.
CONSUMO DE CO <sub>2</sub>	4.9 TON.
PERDIDAS DE FIBRA	8
CONSUMO DE AGUA	1200 M <sup>3</sup>
MANO DE OBRA	156
TRANSPORTE	5

### VARIABLES CRITICAS

	ANTES	DESPUES
TIEMPO PERDIDO	110	85
P. VENDIBLE	0.90	0.80
1 Y 2 EMPALMES	-	-

## **CONCLUSION**

Después del lavado se perdieron 45 horas por reventones múltiples ocasionados por huecos y manchas.

## ANALISIS DEL LAVADO

**FECHA DE LAVADO JULIO 1 DE 1999**

### ANTECEDENTES

En abril 16 se cambio colorantes usados en el papel, no se presentan problemas especiales, se hacen paradas cortas para cambios de fieltros, cuando se nota presencia de huecos se cambia cuchilla del rodillo de granito, se lava Head Box, mallas y se cambian las aguas y así se logra controlar el problema.

### CONDICIONES DEL LAVADO

PH	12.2
CONCENTRACION	1.01
TEMPERATURA	50 °C
DURACION	10 HORAS

### MANTENIMIENTO OTROS

- Cambio de Calan, malla.
- Junio 11 cambio fieltro en prensa.
- Julio 17 cambio fieltro Pick – Up.
- Julio 17 cambio fieltro 3era. Prensa.
- Cambio rodillo de pasta y caucho de la prensa de encolada.

- Cambio de rodillo de fieltro No. 3.
- Cambio de rodillo de granito.
- Cambio de rodillo ventanip.

### **COSTOS DEL LAVADO**

INTERVALO	86
DURACION DE LA PARADA	13
DURACION DEL LAVADO	10.0 HORAS
CONSUMO DE SODA	5.7 TON.
CONSUMO DE CO <sub>2</sub>	3.2 TON.
PERDIDAS DE FIBRA	21
CONSUMO DE AGUA	1400 M <sup>3</sup>
MANO DE OBRA	120
TRANSPORTE	7

### **VARIABLES CRITICAS**

	<b>ANTES</b>	<b>DESPUES</b>
TIEMPO PERDIDO	70	85
P. VENDIBLE	0.75	0.82
1 Y 2 EMPALMES	-	-

### **CONCLUSION**

La máquina inicia normalmente sin huecos pero esa noche hay problemas con los controladores automáticos del proceso y allí se pierden 3 horas, después de 3 días se debe parar de emergencia para cambiar un rodamiento de un secador, en esa misma semana fallan los

controles del secado. Todas estas dificultades son las responsables de que después del lavado los niveles productivos bajan y solo se recuperan 15 días después.



## ANALISIS DEL LAVADO

**FECHA DE LAVADO NOVIEMBRE 1 DE 1999**

### ANTECEDENTES

En agosto 29 se cambia la malla de la máquina y los rodillos de s. press, se renuevan aguas de dilución en septiembre 6 se para de emergencia para cambiar fieltro y reparar una de las zarandas, septiembre 13 se cambia una secadora y rodillo de s. press. A partir de septiembre 28 se incrementa el tiempo perdido y el número de reventones, estudiando la situación se llega a la conclusión que la causa era el deterioro del rodillo de granitos, se para la máquina el 6 de octubre para tal cambio. Se toma la decisión de lavar la máquina el día 3 de noviembre.

### CONDICIONES DEL LAVADO

PH	12.2
CONCENTRACION	1.20
TEMPERATURA	58 °C
DURACION	10.5 HORAS

### MANTENIMIENTO OTROS

- Cambio de fieltro Pick – Up.

- Cambio fieltro 1era prensa.
- Septiembre 24 cambio fieltro primer prensa.
- El 21 de octubre se cambia fieltro 3era. Prensa.
- Septiembre 6 se cambio fieltro 3era. Prensa.
- Septiembre 29 se cambio lana unorun.
- Octubre 6 se cambia malla por hueco centro.
- Cambio rodillo ventana de 1era. Prensa.
- Cambio rodillo de pasta de la prensa de encolada.

### **COSTOS DEL LAVADO**

INTERVALO	112
DURACION DE LA PARADA	12
DURACION DEL LAVADO	10.5 HORAS
CONSUMO DE SODA	7.5 TON.
CONSUMO DE CO <sub>2</sub>	1.4 TON.
PERDIDAS DE FIBRA	10
CONSUMO DE AGUA	1600 M <sup>3</sup>
MANO DE OBRA	120
TRANSPORTE	8

### **VARIABLES CRITICAS**

	<b>ANTES</b>	<b>DESPUES</b>
TIEMPO PERDIDO	70	80
P. VENDIBLE	0.86	0.86
1 Y 2 EMPALMES	-	-

## **CONCLUSION**

La máquina inicia operación en optimas condiciones pero después de 48 horas se para nuevamente para cambio del calan, rodillo guía a s. press, después de sortear estos impaces, el nivel de producción es recuperado.

## ANALISIS DEL LAVADO

**FECHA DE LAVADO DICIEMBRE 1 DE 1999**

### ANTECEDENTES

El mes de noviembre presenta un tiempo perdido promedio 75 minutos que en la operación, sin embargo los problemas de mantenimiento bajaron la productividad aún a pesar de que los papeles producidos eran de alto gramaje y mejor runabilidad en la máquina.

### CONDICIONES DEL LAVADO

PH	12.3
CONCENTRACION	0.85 – 1.0
TEMPERATURA	56 °C
DURACION	10.0 HORAS

## MANTENIMIENTO OTROS

- Diciembre 1 cambio fieltro 3era. Prensa.
- Cambio fieltro Pick Up.
- Cambio rodillo de caucho de la prensa de encolado.
- Cambio rodillo de pasta de la prensa de encolado.

## COSTOS DEL LAVADO

INTERVALO	30
DURACION DE LA PARADA	18.5 H
DURACION DEL LAVADO	10.0 HORAS
CONSUMO DE SODA	6.9 TON.
CONSUMO DE CO <sub>2</sub>	1.450 TON.
PERDIDAS DE FIBRA	8.0
CONSUMO DE AGUA	1230 M <sup>3</sup>
MANO DE OBRA	132
TRANSPORTE	5

## VARIABLES CRITICAS

	ANTES	DESPUES
TIEMPO PERDIDO	75	30
P. VENDIBLE	0.92	0.93
1 Y 2 EMPALMES	-	-

## CONCLUSION

Después del lavado el tiempo perdido se incremento debido a una contaminación puntual del sistema, pero una vez limpio el sistema el nivel de producción subió y así se logro obtener una excelente mes de producción

## ANALISIS DEL LAVADO

**FECHA DE LAVADO ENERO 29 DE 2000**

### ANTECEDENTES

La producción disminuyó aproximadamente en 20% no hay evidencia de huecos en el papel, el número de reventones se ha incrementado en las primeras secciones de secado, el análisis de los huecos encontrados, no muestran depósitos o concentraciones de agentes químicos, todo apunta a problemas mecánicos en prensas o del rodillo de granito.

### CONDICIONES DEL LAVADO

PH	11.9 – 12.3
CONCENTRACION	0.98 %
TEMPERATURA	56 °C
DURACION	8 HORAS

## MANTENIMIENTO OTROS

- Enero 3 se cambió la malla pero este presentó defectos de ondulación en el papel.
- Enero 30 cambio de malla.
- Enero 3 se cambio el fieltro Pick Up dando a su taponamiento con PCC
- Cambio fieltro primera prensa.
- Cambio fieltro 3era. Prensa.
- Cambio rodillo de calan.

## COSTOS DEL LAVADO

INTERVALO	58
DURACION DE LA PARADA	11.5 H
DURACION DEL LAVADO	8 HORAS
CONSUMO DE SODA	7.2 TON.
CONSUMO DE CO <sub>2</sub>	4.0 TON.
PERDIDAS DE FIBRA	30
CONSUMO DE AGUA	1450 M <sup>3</sup>
MANO DE OBRA	108
TRANSPORTE	8

### VARIABLES CRITICAS

	ANTES	DESPUES
TIEMPO PERDIDO	40	50
P. VENDIBLE	0.80	0.79
1 EMPALMES	18%	19%
2 EMPALMES	5%	4%

### CONCLUSION

Después del lavado se perdieron aproximadamente 3 horas por reventones continuos ocasionados por huecos y manchas, solo después de 10 día del arranque la máquina tomo un nivel de producción normal.

Las condiciones del lavado se cumplieron dentro de lo especificado sin embargo el hecho de aparecer huecos en el papel y que la producción haya sido baja son evidencia clara que el lavado no fue eficiente.



## ANALISIS DEL LAVADO

**FECHA DE LAVADO FEBRERO 17 DE 2000**

### ANTECEDENTES

Hay presencia de huecos en el papel, pero no se encuentra evidencia de contaminantes o variaciones en la parte químicos del sistema.

El nivel de producción esta cumpliendo pero podría ser mejor, se programa una parada de mantenimiento y se aprovecha para llevar a cabo un lavado cáustico del circuito de aproximación.

### CONDICIONES DEL LAVADO

PH	12.1
CONCENTRACION	0.11 %
TEMPERATURA	56 °C
DURACION	10 HORAS

## MANTENIMIENTO OTROS

Cambio fieltro 3era. Prensa.

Febrero 5 se cambió fieltro primera prensa.

## COSTOS DEL LAVADO

INTERVALO	18
DURACION DE LA PARADA	17 H
DURACION DEL LAVADO	10.0 HORAS
CONSUMO DE SODA	6.5 TON.
CONSUMO DE CO <sub>2</sub>	3.3 TON.
PERDIDAS DE FIBRA	4.0
CONSUMO DE AGUA	1250 M <sup>3</sup>
MANO DE OBRA	168
TRANSPORTE	12

## VARIABLES CRITICAS

	ANTES	DESPUES
TIEMPO PERDIDO	50	126
P. VENDIBLE	0.9	0.8
1 EMPALMES	20%	23%
2 EMPALMES	6%	4%

## **CONCLUSION**

El problema por huecos se incremento, se inició con cuadernos Bco 60, el problema se sostuvo por 6 días más, al cabo del cual se mejoró la producción.

El sistema no se encontraba tan sucio como se creía y por el contrario el lavado del circuito corto no eliminó completamente el problema.

## ANALISIS DEL LAVADO

**FECHA DE LAVADO 17 DE MARZO DE 2000**

### ANTECEDENTES

La producción de la máquina esta dentro de los parámetros comunes, se hace el lavado porque hay parada de mantenimiento.

Después del lavado se aplica al sistema un apresto catiónico de un proveedor nuevo.

### CONDICIONES DEL LAVADO

PH	12.5
CONCENTRACION	1.1 %
TEMPERATURA	58 °C
DURACION	8 HORAS

## MANTENIMIENTO OTROS

- Cambio fieltro Pick – Up.
- Cambio rodillo de caucho de la prensa de encolado.
- Cambio rodillo guía de entrada al spross.
- Cambio del rodillo Pick – Up.
- Calibración lector del rodillo de granito.

## COSTOS DEL LAVADO

INTERVALO	30
DURACION DE LA PARADA	16 H
DURACION DEL LAVADO	8 HORAS
CONSUMO DE SODA	6.5 TON.
CONSUMO DE CO <sub>2</sub>	3.5 TON.
PERDIDAS DE FIBRA	28
CONSUMO DE AGUA	1100 M <sup>3</sup>
MANO DE OBRA	120
TRANSPORTE	10

## VARIABLES CRITICAS

	ANTES	DESPUES
TIEMPO PERDIDO	120	115
P. VENDIBLE	0.95	0.75
1 EMPALMES	20%	17%
2 EMPALMES	1%	1%

## CONCLUSION

- El arranque fue exitoso, el apresto nuevo respondió a las expectativas pero las condiciones del secado en el papel variaron y se incrementa el numero de reventones.
- Los problemas de baja productividad fueron ocasionados por variación en la química del sistema.
- Las bajas retenciones son problemas de una mala retención de cargas y a fin de evitar la saturación del sistema este se drena.

## ANALISIS DEL LAVADO

**FECHA DE LAVADO ABRIL 5 DE 2000**

### ANTECEDENTES

Se presentan múltiples problemas de reventones en las primeras secciones del secado, prensas y prensa de encolado, al final de marzo el tiempo perdido por operación se incrementa y se hizo relevante el cambio de los rodillos de la prensa de encolado, una secadora y rodillo de granito, después de este mantenimiento los 4 días siguientes fueron críticos por los múltiples reventones, el tiempo perdido se incrementa en 200% y se hizo necesario aplicar un lavado del circuito corto.

### CONDICIONES DEL LAVADO

PH	12.5
CONCENTRACION	0.91%
TEMPERATURA	58 °C
DURACION	8 HORAS

### MANTENIMIENTO OTROS

- Se cambio fieltro primera prensa.
- Mayo 31 se cambió fieltro 3era. Prensa.

- Cambio del rodillo de granito.
- Cambio del rodillo ventana.
- Cambio rodillo guía de entrada al s. press.

### COSTOS DEL LAVADO

INTERVALO	18
DURACION DE LA PARADA	18 H
DURACION DEL LAVADO	8 HORAS
CONSUMO DE SODA	10 TON.
CONSUMO DE CO <sub>2</sub>	2.5 TON.
PERDIDAS DE FIBRA	30
CONSUMO DE AGUA	1700 M <sup>3</sup>
MANO DE OBRA	144
TRANSPORTE	10

### VARIABLES CRITICAS

	ANTES	DESPUES
TIEMPO PERDIDO	130	105
P. VENDIBLE	0.91	0.83
1 EMPALMES	11%	20%
2 EMPALMES	4%	8%



## **CONCLUSION**

La situación de inestabilidad química producida por el cambio de apresto, se esta controlando adaptando el sistema a las nuevas condiciones, sin embargo se observa baja retención de sólidos y cenizas evidenciando la saturación del tanque de aguas blancas y por esto es indispensable drenar o cambiar las aguas de dilución con mayor frecuencia.

Es de notar que se analizó la situación y se pudo concluir que era necesario el cambio del rodillo de granito.

## ANALISIS DEL LAVADO

**FECHA DE LAVADO MAYO 4 DE 2000**

### ANTECEDENTES

El nivel de rollos con un empalme se ha reducido de 20% a 12%, el tiempo perdido tiene niveles normales, pero la producción solo alcanza un 80% de eficiencia.

### CONDICIONES DEL LAVADO

PH	11.9 – 12.2
CONCENTRACION	1.06%
TEMPERATURA	58 °C
DURACION	8 HORAS

### MANTENIMIENTO OTROS

- Se cambió la malla ya que se detectaron huecos en este.
- Cambio de rodillo Pick – Up.
- Cambio de fieltro de la 3era. Prensa.
- Mayo 9 se cambio luna unorun.
- Cambio rodillo guía de entrada al s. press.

### COSTOS DEL LAVADO

INTERVALO	29
DURACION DE LA PARADA	16 H
DURACION DEL LAVADO	8 HORAS
CONSUMO DE SODA	8.2 TON.
CONSUMO DE CO <sub>2</sub>	4.0 TON.
PERDIDAS DE FIBRA	6.0
CONSUMO DE AGUA	1400 M <sup>3</sup>
MANO DE OBRA	108
TRANSPORTE	6

### VARIABLES CRITICAS

	ANTES	DESPUES
TIEMPO PERDIDO	105	125
P. VENDIBLE	0.79	1.00
1 EMPALMES	19%	16%
2 EMPALMES	4%	3%

### CONCLUSION

Las 7 horas después del arranque la máquina presentó problemas de huecos y manchas pero estas solo desaparecieron 2 días después, aumento el tiempo perdido en prensas y por esto se hizo imprescindible el cambio de fieltro y la prensa; esta medida correctiva no logró cumplir con las expectativas y la problemática se extendió hasta el 15 de mayo, básicamente la problemática se controló al conseguir otra referencia de apresto catónico de mayor grado de sustitución y que le confiere mayor resistencia en húmedo al papel.

## ANALISIS DEL LAVADO

**FECHA DE LAVADO JUNIO 14 DE 2000**

### ANTECEDENTES

Desde principios del mes se observo incremento del tiempo perdido y producción bajo en 7%, el nivel de rollos con uno y dos empalmes mantiene una tendencia constante aunque aumento el número de reventones se incremento en la prensa de encolado, hay bajas retenciones y se tiene que frecuente cambiar las aguas blancas.

### CONDICIONES DEL LAVADO

PH	12.6
CONCENTRACION	1.0%
TEMPERATURA	59 °C
DURACION	8 HORAS

## MANTENIMIENTO OTROS

- Junio 14 se cambió fieltro 3era. Prensa.
- Junio 14 se cambió fieltro 2da. Prensa.
- Junio 14 motor de zaranda secundaria.
- Cambio de fieltro de agua en la caja de entrada.

## COSTOS DEL LAVADO

INTERVALO	46
DURACION DE LA PARADA	11 H
DURACION DEL LAVADO	8 HORAS
CONSUMO DE SODA	4.9 TON.
CONSUMO DE CO <sub>2</sub>	3.9 TON.
PERDIDAS DE FIBRA	4
CONSUMO DE AGUA	1500 M <sup>3</sup>
MANO DE OBRA	180
TRANSPORTE	4

## VARIABLES CRITICAS

	ANTES	DESPUES
TIEMPO PERDIDO	125	60
P. VENDIBLE	0.88	0.93
1 EMPALMES	15%	15%
2 EMPALMES	2%	2%

## **CONCLUSION**

Las 3 horas después del arranque no fue posible producir papel debido a la gran cantidad de huecos.

Los niveles de producción alcanzada después fueron muy buenos y el tiempo perdido se redujo prácticamente en un 50%; el nivel de rollos con empalmes se mantuvo.

## ANALISIS DEL LAVADO

**FECHA DE LAVADO AGOSTO 2 DE 2000**

### ANTECEDENTES

Desde el mes de julio se observó que el número de rollos con empalmes se ha incrementado en aproximadamente 3%, es necesario un cambio frecuente de las aguas blancas.

### CONDICIONES DEL LAVADO

PH	12.2
CONCENTRACION	99.8%
TEMPERATURA	59 °C
DURACION	10 HORAS

### MANTENIMIENTO OTROS

- Julio 5 se cambio la malla deformación por un hueco ocasionado por la manipulación durante un reventón.
- Julio 4 se cambió el fieltro Pick – Up.
- Julio 4 se cambió fieltro de la 1era. Prensa.

- Agosto 2 se cambió de rodillo ventana.
- Agosto 2 se cambió rodillo de pasta y caucho de la prensa encolado.

### COSTOS DEL LAVADO

INTERVALO	48
DURACION DE LA PARADA	16.6 H
DURACION DEL LAVADO	10.0 HORAS
CONSUMO DE SODA	7.80 TON.
CONSUMO DE CO <sub>2</sub>	3.10 TON.
PERDIDAS DE FIBRA	10
CONSUMO DE AGUA	1600 M <sup>3</sup>
MANO DE OBRA	120
TRANSPORTE	10

### VARIABLES CRITICAS

	ANTES	DESPUES
TIEMPO PERDIDO	75	95
P. VENDIBLE	0.93	0.88
1 EMPALMES	20%	16%
2 EMPALMES	7%	10%

### CONCLUSION

Los 6 días siguientes al lavado el tiempo perdido se redujo pero luego se incrementa por reventones múltiples en las primeras secciones de secado y prensas, los 10 días siguientes se alcanzó estabilidad en el funcionamiento de la máquina.



El aumento de reventones en las primeras secciones de secado, puede estar influenciado por el funcionamiento incorrecto del rodillo ventani, que hizo que este fuera reemplazado.

## ANALISIS DEL LAVADO

**FECHA DE LAVADO NOVIEMBRE 16 DE 2000**

### ANTECEDENTES

El nivel de rollos con empalmes se incrementa esto fue atribuido a los problemas ofrecidos en la malla.

El 16 de octubre se cambió el sistema de retención, la máquina se acoplo a los nuevos químicos.

### CONDICIONES DEL LAVADO

PH	12.5
CONCENTRACION	1.20%
TEMPERATURA	59 °C
DURACION	10 HORAS

### MANTENIMIENTO OTROS

- Se cambió lona secadora de 3era. Sección.
- Se cambió fieltro de la 3era. Prensa.
- Se cambió malla el 18 de octubre.
- El 12 de octubre se cambió el fieltro de la primera prensa.
- Cambio rodillo de granito.

- Cambio rodillo caucho de la prensa de encolado.
- Cambio rodillo pasta de la prensa de encolado.
- Montaje sifón secadores 15 – 57
- Cambiar rodillos de lona.

### **COSTOS DEL LAVADO**

INTERVALO	76
DURACION DE LA PARADA	16.0 H
DURACION DEL LAVADO	10.0 HORAS
CONSUMO DE SODA	6.8 TON.
CONSUMO DE CO <sub>2</sub>	2.2 TON.
PERDIDAS DE FIBRA	45
CONSUMO DE AGUA	1500 M <sup>3</sup>
MANO DE OBRA	144
TRANSPORTE	5

### **VARIABLES CRITICAS**

	<b>ANTES</b>	<b>DESPUES</b>
TIEMPO PERDIDO	80	95
P. VENDIBLE	0.80	0.90
1 EMPALMES	17%	16.0%
2 EMPALMES	5%	3%

## **CONCLUSION**

Durante el lavado se cambió el rodillo de granito y otras partes de la máquina que tienen gran influencia en la operación, en el arranque se notó la influencia de estos en el incremento del tiempo perdido.

## ANALISIS DEL LAVADO

**FECHA DE LAVADO DICIEMBRE 16 DE 2000**

### ANTECEDENTES

La operación de la máquina es muy difícil por que la cantidad de huecos y reventones es sencillamente impresionantes; se cambiaron las aguas y los tanques de servicio de fibras por que se encontró evidencia de contaminación con plástico, si embargo al profundizar la situación se debe analizar otros factores que inciden.

### CONDICIONES DEL LAVADO

PH	12.4
CONCENTRACION	1.01%
TEMPERATURA	58 °C
DURACION	9.5 HORAS

## MANTENIMIENTO OTROS

- El 6 de diciembre se cambió fieltro de la primera prensa.
- El 8 de diciembre se cambió fieltro de la tercera prensa.
- El 6 de diciembre se cambió la lona unorun.
- Cambio rodillo pasta prensa de encolado.

## COSTOS DEL LAVADO

INTERVALO	30.0
DURACION DE LA PARADA	15.8 H
DURACION DEL LAVADO	9.5 HORAS
CONSUMO DE SODA	7.0 TON.
CONSUMO DE CO <sub>2</sub>	4.3 TON.
PERDIDAS DE FIBRA	6.0
CONSUMO DE AGUA	1300 M <sup>3</sup>
MANO DE OBRA	120
TRANSPORTE	12

## VARIABLES CRITICAS

	ANTES	DESPUES
TIEMPO PERDIDO	0	
P. VENDIBLE	0.83	0.78
1 EMPALMES	20%	15%
2 EMPALMES	8%	7.0%

## **CONCLUSION**

Este lavado no surtió el efecto requerido pero ello no fue causado por la calidad del proceso si no debido a que el problema era otro; la contaminación con el sistema de retención que causa una profunda saturación del sistema y desestabilización de la parte química de la máquina.

## **ANALISIS DEL LAVADO**

**FECHA DE LAVADO ENERO 4 DE 2001**

### **ANTECEDENTES**

En el mes de diciembre se presentaron múltiples problemas de huecos y reventones ocasionados por la inclusión al proceso de un polímero y silica contaminados que causaron una acumulación en el sistema y que obligaron al cambio en el sistema de retención al anterior.

Lo profundo del problema obliga a la gerencia aplicar un lavado ácido al sistema para garantizar su mejor limpieza; es de notar que después de lavar con ácido es necesario lavar con soda cáustica.



### CONDICIONES DEL LAVADO

	ACIDO	ALCALINO
PH	2.8 – 3.5	12.0
CONCENTRACION	1.0%	0.97
TEMPERATURA	32 °C	57 °C
DURACION	6.0 HORAS	7

### MANTENIMIENTO OTROS

- Cambio lona secadora 4ta. Sección.
- Cambio fieltro de la 1era. Prensa.
- Cambio de malla de formación.
- Cambio de lona secadora de la segunda sección de secado.
- Cambio rodillo calan.
- Mantenimiento caja rodillo couch.
- Calibración del Doctor del rodillo de Granito.
- Cambio sifón secadoras 21, 22, 23, 24, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 60.
- Diciembre 31 de 200 cambio rodillo s. press.
- Cambio de sifones en secadoras 21, 22, 23, 25, 48

### COSTOS DEL LAVADO

INTERVALO	15
DURACION DE LA PARADA	16.0 H
DURACION DEL LAVADO	13.0 HORAS
CONSUMO DE SODA	8.0 TON.
CONSUMO DE CO <sub>2</sub>	5.4 TON.
PERDIDAS DE FIBRA	4.0
CONSUMO DE AGUA	1250 M <sup>3</sup>
MANO DE OBRA	180
TRANSPORTE	6

### VARIABLES CRITICAS

	ANTES	DESPUES
TIEMPO PERDIDO	120	60
P. VENDIBLE	0.70	0.90
1 EMPALMES	20%	20%
2 EMPALMES	5%	5%

### CONCLUSION

El arranque de principio de año es complicado ello por que esta parada es aprovechado para múltiples mantenimientos.

Después de la gran problemática con que terminó el mes de diciembre y que motivó a que después de 3 años se efectuara un lavado ácido en la máquina, la situación de productividad fue excelente aunque con inconvenientes al arrancar debido a la cantidad de trabajos efectuados.

El tiempo perdido el 17 de enero fue ocasionado por el cambio del fieltro de al 3era. Prensa, la lona unurun y el fieltro Pick – Up.

Después de ello la producción tuvo un nivel de 120% en su cumplimiento.

## ANALISIS DEL LAVADO

**FECHA DE LAVADO 7 DE FEBRERO 2001**

### ANTECEDENTES

La producción vendible ofrece niveles muy buenos, sin embargo en los últimos 8 días el nivel de rollos con un empalme se incrementa en un 7%, hay presencia de huecos en el papel, su tamaño es pequeño.

Después de realizar los ensayos de identificación se concluyó que son huecos sin contenido de depósito, su origen se encontró en una diferencia de velocidades entre dos rodillos, ello provocaba un descuelgue de la hoja de papel y luego formaba el hueco.

### CONDICIONES DEL LAVADO

PH	1.10
CONCENTRACION	12.8
TEMPERATURA	1.2 %
DURACION	58° C
	10 H

## MANTENIMIENTO OTROS

- El 17 de enero se cambio el fieltro de la 3era. Prensa.
- El 17 de enero se cambio lona uno run
- El 30 de enero se cambio el fieltro Pick – Up.
- Cambio rodillo calan
- El 27 de febrero se cambio el rodillo secador No. 31, 32, 34, 35, 36, 38, 39 monitor, sifón, juntas y barras.

## COSTOS DEL LAVADO

INTERVALO	34
DURACION DE LA PARADA	16.5 H
DURACION DEL LAVADO	10 HORAS
CONSUMO DE SODA	11.9 TON.
CONSUMO DE CO <sub>2</sub>	16.5 TON.
PERDIDAS DE FIBRA	20
CONSUMO DE AGUA	1400 M <sup>3</sup>
MANO DE OBRA	120
TRANSPORTE	4

### VARIABLES CRITICAS

	ANTES	DESPUES
TIEMPO PERDIDO	75	50
P. VENDIBLE	1.1	0.99
1 EMPALMES	22%	12%
2 EMPALMES	4%	2%

### CONCLUSION

El lavado fue efectivo, se observa claramente como los días anteriores al lavado la producción decreció y al día siguiente del lavado la producción alcanzó los valores requeridos, los empalmes disminuyeron.

Es de anotar que el solucionar la diferencia de velocidades entro el secador 43 y 44 fue el responsable del 80% de la solución del problema.

La máquina tenía un nivel de limpieza alta ya que después del lavado ácido de enero el sistema quedo libre de muchas contaminantes.

### COSTOS PROMEDIO DEL LAVADO (1999 – 2001)

DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	COSTO UNIDAD	COSTO TOTAL
DURACION LAVADO	H. MAQUINA	9.30	15.000.000	139.500.000.
SODA CAUSTICA USADA	TON.	8.20	435.000	3.567.000.
COSTO CO <sub>2</sub> (PARA NEUTRALIZACION)	TON.	3.95	417.000	1.647.000.
PERDIDAS DE FIBRA	TON.	11.80	475.000	5.605.000.
CONSUMO DE AGUA	M3	1400	4.500	6.300.000.
MANO DE OBRA	H. HOMBRE	90	5.045	454.050.
TRANSPORTE DE PERSONAL	VEHICULOS	7.20	32.500	234.000.
COSTO PROMEDIO TOTAL				157.307.050.

$$\text{Costo Anual} = \text{Costo 1 Lav.} \times \frac{\text{Numero Lav.}}{\text{Año}} =$$

$$\text{Costa Anual} = 157.307.050 \times 8.5 \text{ Lav.} = 1.337.109.925.$$

## **6. COSTOS ASOCIADOS AL LAVADO CAUSTICO**

La ejecución del lavado cáustico implica la participación de varios factores productivos que generan un costo a la empresa, algunos de estos son cuantificables pero hay otros subjetivos de gran importancia, en este capítulo realizaremos una descripción detallada de cada uno de estos.

La determinación del costo asociado se expresan en pesos/año.

### **6.1. COSTOS CUANTIFICABLES**

#### **6.1.1 Soda Cáustica**

De acuerdo con los datos de consumos de productos químicos, en la ejecución del lavado se consumen en promedio 8.2 toneladas de solución de hidróxido de sodio, con un costo promedio de \$435.000.00.



### **6.1.2 Dióxido de Carbono**

La utilización de soda cáustica exige que el efluente sea neutralizado con dióxido de carbono antes de ser vertido al río, en promedio por cada kg de soda usado se requieren 3.95 kg de dióxido de carbono, con un costo de \$417.00 kg.

Es de resaltar que el 50% de soda es recuperada enviando a las aguas a planta de pulpa.

### **6.1.3 Pérdidas de Fibra**

Durante el proceso y para optimizar el mismo es necesario dejar en el sistema un porcentaje de material de fibra que ayuda en remoción, consultada la información se conoció que el promedio durante el lavado las pérdidas de fibras se incrementar en promedio en 11.8 toneladas, si esta fibra se recuperara se podría vender a los fabricantes de cartón a un precio de \$475.000.00.

#### **6.1.4 Costo de Producción**

La ejecución del lavado compromete aproximadamente 7.3 horas y la estabilización del proceso necesita aproximadamente 2 horas, es decir la máquina está sin producir durante 9.3 horas en promedio y cada hora de producción le significa a la compañía \$15.000.000.00 hora.

#### **6.1.5 Costo Mano de Obra**

Para llevar a cabo el lavado tanques, mallas, filtros, sistemas de servicios y en general todo lo relacionado con el proceso, es necesario de mano de obra extra y ella se logra colocando al personal en turno de 12 horas, es decir que se cubren 24 horas pero con el sobre costo de las horas extras, podemos decir que en promedio por cada empleado el sobre costo es de 4 horas extras, debemos tener en cuenta que la mitad del personal labora 4 horas extras diurnas y el otro 4 horas extras nocturnas tomando el promedio y con base en salarios de un trabajador el costo de cada hora adicional es \$5.045.00.

#### **6.1.6 Transporte**

El proceso de lavado cáustico se lleva a cabo exclusivamente en el área de máquinas y por esto el personal en jornada de 12 horas se

transporta en taxis adicionales, es de resaltar que esto se realiza tanto por la falta de transporte como consideración con el personal, para el cual la jornada es muy agotadora, el costo promedio del transporte es de \$32.500.00. por cada vehículo solicitado.

#### **6.1.7 Costo del Agua**

Este es un factor que en general en la industria papelera es vital y de gran consumo y no es excepción la ejecución del lavado puesto que los enjuagues de las máquinas son de igual importancia en la efectividad del lavado, se consumen en promedio 1.400 m<sup>3</sup> por lavado con un costo \$ 4.500.00 m<sup>3</sup>.

## **6.2. COSTOS SUBJETIVOS**

- Agotamiento de los empleados.
- Exposición y Probabilidad de Accidentes.
- Impacto Ambiental.
- Incumplimiento en Pedidos.
- Pérdida en Pequeñas Cantidades de Químicos.
- Deterioro de Equipos.

## 7. OBSERVACIONES

- La frecuencia de lavado es en promedio 43 días, no es una constante y tanto en 1999 como en 2000, se presenta una mayor frecuencia en el primer semestre en donde entre lavado y lavado hay un periodo 34 días en contraste con el segundo semestre que es de 63 días.
- No se encontró una relación consistente entre la ejecución de lavado y la tendencia en aumento del tiempo perdido por operación, empalmes o decremento del índice de producción.
- Varios lavados se efectuaron más por aprovechar las paradas de mantenimiento que por ensuciamiento de la máquina.
- Se corroboró la incidencia de factores mecánicos eléctricos, físicos y electrónicos en la baja productividad de la máquina por aumento de reventones y presencia de huecos, ello se hace evidente pues sin aplicar lavados y haciendo ajustes de otras índole la presencia de huecos disminuye o también cuando dispuso de un lavado persiste por mas de 10 horas la presencia de huecos.

- Es definitivamente vital ejercer un buen control sobre la estructuración química de la hoja de papel pues se observó que al cambiar algunas materias primas como: aprestos y polímeros, pueden originar en problemas de huecos.
- Al contrario de lo esperado, en varios lavados al arrancar la máquina su operación fue difícil, esto puede ser producto de la necesidad del sistema a acoplarse a cambios de tipo mecánico eléctrico etc., pero también se conoce que en la hoja salen manchas, huecos que son en verdad la prueba contundente de que el lavado no fue eficiente ya que aun quedan en el sistema residuos o depósitos que se desprenden.
- Después de realizado el lavado el nivel de producción solo se recupera cuando han transcurrido en promedio 8 días, en este momento la problemática de huecos y manchas desaparece.
- El área más sensible de la máquina a problemas de huecos y manchas es el size press, ya que aquí la hoja es débil debido a su humectación en la piscina de encolado.
- Generalmente después del lavado se inicia con papel de bajo gramaje y ello ayuda a acentuar la problemática.

- Las variables de control del lavado (Ph, T °C, Conc.) se encontraron dentro de lo especificado.
- El tiempo promedio de lavado fue de 9.3 horas.
- El consumo de soda en promedio fue de 8.2 ton.
- Las perdidas de fibra fue de 11.8 ton.
- Con el procedimiento implementado se recupera en promedio el 40% de soda en la planta de pulpa, pero el volumen restante debe neutralizarse con CO<sub>2</sub> antes de vertirlo al afluente, este tratamiento en el agua implica que de la máquina se deben drenar los tanques lentamente y ello hace más dispendioso el lavado, retrasando el arranque.
- El costo promedio de lavado \$157.307.050.

El analisis, del control microbiologico muestra que en la máquina el nivel bacteriano crece en función de tiempo y que despues del lavado se obtienen los niveles más, sin embargo se debe buscar un método mas sensible a pesar de lo prolongación del periodo entre los lavados, este siempre estuvo dentro de los límites.

## 8. CONCLUSIONES

- El lavado aplicado a la máquina es ineficiente ya que no remueve en su totalidad los contaminantes y depósitos del sistema, la ejecución del lavado no debe estar ligado a las paradas de mantenimiento pues de acuerdo a las tendencias en el 2do. Semestre de cada año el periodo de lavado a lavado puede ser mayor que el promedio del 1er. Semestre e incluso superior al promedio global.



## **9. RECOMENDACIÓN**

1. Cambiar el procedimiento de lavado; esto incluye la aplicación de lavados ácidos y formulados, alternándolos con alcalinos.
2. Ejercer un mejor control en la adición, clasificación y reacción de cada una de las materias primas utilizados, ella también exige la instalación de controles en línea para el proceso.
3. Implementar un nuevo sistema de retención que promueva un mejor desempeño de los químicos en proceso, minimizando su recirculación y formación de depósitos.

## 10. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

Mas que realizar una recomendación de que tipo de lavado aplicar, la intensión es proponer un programa de lavado, con recomendaciones practicas que buscan la optimización del lavado reduciendo su costo.

- **Procedimiento Propuesto**

- Ejercer control estricto sobre la cantidad de soda a emplear en el lavado; se observa que las cantidades aplicadas varían entre 5.8 y 21.8 Ton de soda, de acuerdo al calculo del volumen empleado.

$$\begin{aligned} \text{Ton.Soda Cáustica} &= 1.1 \frac{9 \text{ NaOH}}{100 \text{ ml lavado}} \times 600 \text{ m}^3 \times \frac{10^6 \text{ ml solvem}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ Ton NaOH}}{10^6 \text{ g NaOH}} \\ &= 6.6 \text{ Ton Soda (NaOH)} \end{aligned}$$

500 m<sup>3</sup> = Volumen necesario para llenar el circuito de lavado y el lavado de tanques.

9/100 ml<sup>2</sup> concentración ideal para un buen lavado cáustico.

- Realizar inspección visual después del lavado para corroborar la limpieza del sistema, principalmente en la mesa de formación, (en sus foilds).
- Con base en lo observado la ejecución de lavados no debe estar ligado exclusivamente a las paradas de mantenimiento; esta debe ser fruto del criterio de ensuciamiento o no del sistema, ya que al aplicar un lavado sino se cumplen las condiciones para que sea efectivo, nos puede acarrear mas problemas.
- Dividir el circuito del lavado, aplicando soda simultáneamente en dos puntos:
  - Tanques de fibras y enviar al refinador, tanque de mezcla y circuitos de aproximación.
  - Aplicando al tanque de aguas clarificador y de allí, lavar el sistema de polidisk, tanques de broke.

Con este se busca acortar el camino recorrido por la Soda o solución de lavado, reduciendo, aumentando la efectividad y facilitando el enjuague rápido.

- Incluir anualmente un lavado ácido-formulado, aplicando en los primeros meses del año (Enero - Febrero).
- Incluir al lavado alcalino y ácido agentes que mejoren su acción así:
  - **Lavado alcalino:** Adicionar un penetrante y un surfactante.
  - **Lavado Ácido:** Adicionar quelantes.

Observarse que esta recomendación es general y no incluye concentraciones o nombres específicos de productos, pues su determinación esta a cargo del proveedor.

- Incrementar paulatinamente el periodo entre lavado y lavado; este debe obedecer a un cronograma en el cual se observe el desarrollo de la producción, cuando pasamos de un periodo de lavado 6 semanas a 7 y finalmente de 8 a 9 semanas.
- La ejecución del lavado debe obedecer al análisis de la situación de acuerdo a:
  - Incremento de tiempo perdido por operación.
  - Incremento de rollos con uno y dos empalmes.
  - Observación visual del sistema.
  - Factores especiales o cambios en el sistema.

## 10.1 ANALISIS ECONOMICO DE LAS MEJORAS

- A pesar que el nuevo proceso de lavado tiene un sobre costo de 11.6 millones (7.3%), los beneficios se obtienen al reducir el numero de lavados a 6 por año, así el costo anual de lavado pasa de 1.337 a 1.035 millones, con un ahorro del 22%.
- Al implementar los lavados se incluyen químicos que mejoran la limpieza del sistema facilitando el arranque y alcanzar los niveles óptimos de producción en corto tiempo.
- Un sistema mas limpio facilita obtener un papel con menos defectos, reducir el numero de empalmes y aumentar la productividad.
- La disminución del numero de lavados se traduce en un menor impacto al medio ambiente .

## GLOSARIO

**AGUA FRESCA:** Con este nombre se conoce al agua que entra por primera vez al sistema estas pueden ser de pozo o de río, se principal característica es su bajo contenido de sólidos y temperatura cercana a 25°.

**AGUAS BLANCAS:** Son las aguas resultante del paso de a solución de papel a través de la malla en el proceso de formación de la hoja.

**BROKE:** Este nombre se da al papel que se disuelve en agua para ser reutilizado en el proceso este papel proviene de material defectuoso o de la mesa de formación después del ajuste de ancho de la hoja.

**CARGA:** Son rellenos minerales que se aplican en el proceso para disminuir el costo o mejorara algunas propiedades del papel.

**CONSISTENCIA:** Es una medida de concentración, expresada en gramos por cada 10 ml de solución.

**LICOR:** Es un subproducto del cocimiento de la pulpa, esta conformado principalmente por soda cáustica y lignina.

**LIGNINA:** Es un compuesto químico encargado de unir las fibras de celulosa en la madera o bagazo, su presencia es indeseada ya que causa muchas interferencias y sobre consumos de aditivos químicos en el proceso.

**MANCHA:** Es la presencia de contaminantes en el papel, puede ser de carácter superficial o interno (masa).

**MASA:** Así se denomina la parte interior del papel o la suspensión fibrosa, cuando se halla a consistencias superiores a 3%

**STICKIES:** Material pegajoso al tacto.

**SLICE:** Componente de la caja de entrada.

**PICTH:** Son ácidos grasos contaminantes del proceso.

**POLIDISK:** Es un sistema para la recuperación de fibra y cargas de las aguas blancas consta de discos rotatorios provistos de una malla que retiene las fibras y algunas cargas se uso además es importante para mejorar la calidad de las aguas de dilución.

**REFINADO:** Proceso mecánico que se aplica a las fibras para mejorar sus propiedades de resistencia.

**ZARANDA:** Es un equipo de depuración para la suspensión de papel, el principio de selección es por tamaño de malla usada.

**NICK:** Espacio de contacto entre un vestidura y el rodillo guía de la misma.

**PCC:** Carbonato de calcio obtenido mediante reacción química.

**GCE:** Carbonato de calcio de origen mineral, extraído de minas.

**LINER:** Envoltura con la cual se protege el rollo para ser enviado al cliente.

**SPRAY BIOCHEF:** Solución para identificación de depósitos microbiológicos.

**REEL:** Unidad de producción de la máquina, constituida por un centro de acero sobre el cual se embobina el papel producido.

**WINDER:** Nombre técnico-comercial de la Embobinadora.



**SHIRES:** Material de Fibra de Bagazo.

## BIBLIOGRAFIA

- Rojas Gaona Orlando, Rebarbe Erick- Tecnología y Práctica en la Fabricación de Papel Alcalino: Sena. 23 Febrero 2001. Pag. 5-129.
- Propal S.A. – Cartas Técnicas; Proceso de Producción del Papel, Vol. No. 11, Enero 1999, Pag. 1-6.
- Propal S.A. – Cartas Técnicas; Fibra de Caña de Azúcar en el Mundo, Vol. No. 12, Enero 1999, Pag. 1-6.
- Ronal G. MacDonald – Pulp and Paper Manufacture; papermaking and paperboard making – New York: McGraw Hill Book Company – 1970, Pag. 150-291.
- Bukman Laboratories – Carta Técnica – The Neuteric Product line, 12 Noviembre 2001.
- Robert L. Yeager – Pulp & Paper – Effective Water Treatment Plays Significant Role in Paper Quality, Diciembre 2000.
- Robert L. Yeager – Pulp & Paper – Retention Analysis Give Avenor a Window Into the Wet End; Vol. No. 71, Abril 1997.

- Hercules – Laboratories – Carta Técnica – Boilout & Foam Cleaning – Diciembre 2000.
- Beta Dearbon Reference Manual – Boilout Seccion – Capitulo 5, Vol. 1, Abril 1995, Pag. 1-12.
- Lenore S. Clesceri, Arnold E. Greenber, R. H. Hudes Trusell – Estándar Methodos – Apha – Awwa – Wpcf, Washintong 1989, Pag. 4-35, 3-23, 3-114.
- Ospina, José Ramiro – Manual de Identificación de Depositos y huecos en el Papel, Propal S.A. Caloto Cauca 1994, Pag. 110-180.

